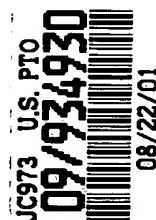


501P1189 US00

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 8月23日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-258139

出 願 人

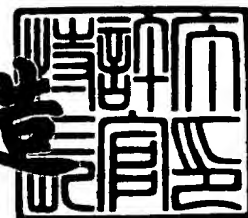
Applicant(s):

ソニー株式会社

2001年 5月25日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3045241

【書類名】 特許願

【整理番号】 0000458502

【提出日】 平成12年 8月23日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01S 3/18

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社
内

【氏名】 御友 重吾

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社
内

【氏名】 成井 啓修

【特許出願人】

【識別番号】 000002185

【氏名又は名称】 ソニー株式会社

【代表者】 出井 伸之

【代理人】

【識別番号】 100094053

【弁理士】

【氏名又は名称】 佐藤 隆久

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014890

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9707389

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体レーザおよびその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

活性層の端面が共振器の端面となって該共振器端面間に導波路を構成する半導体レーザであって、

(100) 面より [0-1-1] 方向に傾斜した表面を有する基板と、

上記基板に形成された、少なくとも In を含む 2 種類の III 族元素と P を含む V 族元素を含む活性層と、該活性層の上層および下層にそれぞれ配置された第 1 導電型のクラッド層および第 2 導電型のクラッド層を有する半導体積層体を有し、

上記基板に少なくとも 1 つのステップ状構造が設けられており、

上記ステップ状構造の上段側であって、上記導波路の共振器端面を除く部分が上記ステップ状構造の近傍に位置し、上記導波路の共振器端面部分と上記ステップ状構造との間の距離が上記導波路の共振器端面を除く部分と上記ステップ状構造との間の距離よりも大きくなるように、上記導波路が配置されている

半導体レーザ。

【請求項 2】

上記ステップ状構造が、上記導波路の共振器端面を除く部分の近傍のみに形成されている

請求項 1 に記載の半導体レーザ。

【請求項 3】

上記ステップ状構造が、上記基板に設けられた凹溝の段差であり、

上記凹溝の段差上段側であって、上記導波路の共振器端面を除く部分が上記凹溝の段差の近傍に位置し、上記導波路の共振器端面部分と上記凹溝の段差との間の距離が上記導波路の共振器端面を除く部分と上記凹溝の段差との間の距離よりも大きくなるように、上記導波路が配置されている

請求項 1 に記載の半導体レーザ。

【請求項 4】

上記凹溝が、上記導波路の共振器端面を除く部分の近傍のみに形成されている
請求項 3 に記載の半導体レーザ。

【請求項 5】

上記導波路の共振器端面部分と上記凹溝の段差との間の距離が $50\text{ }\mu\text{m}$ 以下である

請求項 3 に記載の半導体レーザ。

【請求項 6】

上記ステップ状構造が、上記基板に凸に設けられ、上記導波路の幅以上の幅を有するリッジであり、

上記リッジ上であって、上記導波路の共振器端面を除く部分が上記リッジの段差の近傍に位置し、上記導波路の共振器端面部分と上記リッジの段差との間の距離が上記導波路の共振器端面を除く部分と上記リッジの段差との間の距離よりも大きくなるように、上記導波路が配置されている

請求項 1 に記載の半導体レーザ。

【請求項 7】

上記基板に、上記導波路の幅以上の幅を有し、上記導波路の延伸方向に延伸する第 1 のリッジと、上記第 1 のリッジと交差する第 2 のリッジとが設けられており、

上記第 1 のリッジ上であって、上記導波路の共振器端面部分が第 1 のリッジと第 2 のリッジの交差領域上に位置するように、上記導波路が配置されている

請求項 6 に記載の半導体レーザ。

【請求項 8】

上記リッジが、上記導波路の共振器端面部分が位置する部分において、上記導波路の共振器端面を除く部分が位置する部分よりも幅広に形成されている

請求項 6 に記載の半導体レーザ。

【請求項 9】

上記リッジの幅が $100\text{ }\mu\text{m}$ 以下である

請求項 6 に記載の半導体レーザ。

【請求項 1 0】

共振器方向が上記基板の〔0 1 - 1〕方向である

請求項 1 に記載の半導体レーザ。

【請求項 1 1】

基板の（1 0 0）面の〔0 - 1 - 1〕方向への傾斜角が 2° 以上 1 5° 以下である

請求項 1 に記載の半導体レーザ。

【請求項 1 2】

基板が G a A s、G a P もしくは I n P からなる

請求項 1 に記載の半導体レーザ。

【請求項 1 3】

活性層の端面が共振器の端面となって該共振器端面間に導波路を構成する半導体レーザの製造方法であって、

（1 0 0）面より〔0 - 1 - 1〕方向に傾斜した表面を有する基板に、少なくとも 1 つのステップ状構造を設ける工程と、

上記基板上に、少なくとも I n を含む 2 種類の I I I 族元素と P を含む V 族元素を含む活性層と、該活性層の上層および下層にそれぞれ配置された第 1 導電型のクラッド層および第 2 導電型のクラッド層を有する半導体積層体を形成する工程と

を有し、

上記ステップ状構造の上段側であって、上記導波路の共振器端面を除く部分が上記ステップ状構造の近傍に位置し、上記導波路の共振器端面部分と上記ステップ状構造との間の距離が上記導波路の共振器端面を除く部分と上記ステップ状構造との間の距離よりも大きくなるように、上記導波路を配置して形成する

半導体レーザの製造方法。

【請求項 1 4】

上記ステップ状構造として、上記基板に凹溝を設け、

上記凹溝の上段側であって、上記導波路の共振器端面を除く部分が上記凹溝の近傍に位置し、上記導波路の共振器端面部分と上記凹溝との間の距離が上記導波

路の共振器端面を除く部分と上記凹溝との間の距離よりも大きくなるように、上記導波路を配置して形成する

請求項 1 3 に記載の半導体レーザの製造方法。

【請求項 1 5】

上記ステップ状構造を設ける工程において、上記導波路の幅以上の幅を有するリッジを上記基板に凸に設け、

上記リッジ上であって、上記導波路の共振器端面を除く部分が上記リッジの段差の近傍に位置し、上記導波路の共振器端面部分と上記リッジの段差との間の距離が上記導波路の共振器端面を除く部分と上記リッジの段差との間の距離よりも大きくなるように、上記導波路を配置して形成する

請求項 1 3 に記載の半導体レーザの製造方法。

【請求項 1 6】

上記ステップ状構造を設ける工程において、上記基板に、上記導波路の幅以上の幅を有し、上記導波路の延伸方向に延伸する第 1 のリッジと、上記第 1 のリッジの幅以上の幅を有し、上記第 1 のリッジと交差する第 2 のリッジとを設け、

上記半導体積層体を形成する工程において、上記第 1 および第 2 のリッジが形成された基板上に有機金属化学気相成長法により形成し、

上記半導体積層体が形成された上記基板を、上記第 2 のリッジ上で劈開する工程をさらに有する

請求項 1 5 に記載の半導体レーザの製造方法。

【請求項 1 7】

上記第 1 のリッジが上記基板の〔0 1 - 1〕方向に延伸し、上記第 2 のリッジが上記基板の〔0 - 1 - 1〕方向に延伸するように形成する

請求項 1 6 に記載の半導体レーザの製造方法。

【請求項 1 8】

上記半導体積層体が形成された上記基板を劈開する工程において、上記第 2 のリッジを当該第 2 のリッジの延伸方向に 2 等分する中央線よりも上記導波路側の位置で劈開する

請求項 1 6 に記載の半導体レーザの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光ディスク、光磁気ディスクメモリ、レーザービームプリンタなどの光情報機器や光通信に使用される半導体レーザーおよびその製造方法に係り、特に発振波長が0.6～1.5 μm 帯の可視光領域の半導体レーザーおよびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

半導体レーザーの最大出力は、レーザー光の出射端面におけるレーザー光の吸収による端面温度の急激な上昇に伴って生じるCOD (Catastrophic Optical Damage) によって制限されている。レーザー光の吸収を抑制してCODを防止できる高出力の半導体レーザーとして窓構造型の半導体レーザーが知られている。この窓構造型の半導体レーザーでは、レーザー光の出射端面側に活性層よりもバンドギャップが大きい光ガイド層を設けて、端面におけるレーザー光の吸収を抑制している。

【0003】

このような窓構造型の半導体レーザーを作製する場合には、2回の成長プロセスを必要とすることが多いが、1回の成長プロセスで作製可能な窓構造型の半導体レーザーがある。

例えば、特開平6-232509号公報に記載されている例では、GaAs (100) 基板 (傾斜角: $\pm 0.1^\circ$) の[01-1]方向の一部分 (中央部) に[01-1]方向のリッジをあらかじめ設け、その基板上にGaInAs/AlGaAs多重量子井戸層からなる活性層をはじめ、レーザー構造の各層を分子線エピタキシ法を用いて1回の成長プロセスで積層させている。リッジ上に成長されたGaInAs/AlGaAs多重量子井戸層からなる活性層は、GaInAs層のIn濃度が高く、膜厚が厚くなることにより、活性層のバンドギャップはリッジ上のみ小さくなる。リッジを設けていない出射端面側の活性層は、リッジ上の活性層よりも相対的にバンドギャップが大きくなることから、窓構造型の半導体レーザーが実現される。

【0004】

以下、上記窓構造型の半導体レーザを作成するための方法を示す。

図21は、上記半導体レーザを作製するための基板の構造を示す斜視図である。

n型の(100) GaAs 基板(傾斜角: $\pm 0.1^\circ$)である基板111上の[01-1]方向の一部分(中央部)に、[01-1]方向のリッジ112(高さ: $3\mu\text{m}$ 、幅: $5\mu\text{m}$ 、長さ $500\mu\text{m}$)が形成されている。そして、このリッジ112により、リッジ112を形成した部分(リッジ部)113とその両側のリッジを形成しない部分(非リッジ部)114とに基板111が分けられる。この各非リッジ部114の長さは $20\mu\text{m}$ である。なお、このリッジ112は、フォトリソグラフィとバッファードHF: H_2O_2 : H_2O (=10:1:100)のエッチャントによるエッチングとを用いて形成可能である。このとき、リッジ112の側面112aは、Applied Physics Letters, 54, pp.433(1989)に報告されているように、(311) A面と(3-1-1) A面とである。

【0005】

図22、図23は、図21に示す基板を用いて作製した窓構造型の半導体レーザを示し、図22はその断面図、図23はその斜視図である。以下、この半導体レーザの作製手順を説明する。

【0006】

まず、基板111上に、n型 $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ クラッド層115(膜厚: $1\mu\text{m}$)を分子線エピタキシ法にて基板温度 550°C で形成する。

次に、GaInAs 層/ $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{As}$ 多重量子井戸層116(それぞれ活性層および光ガイド層)を分子線エピタキシ法にて基板温度 520°C で形成する。

更に、p型 $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ クラッド層117(膜厚: $1\mu\text{m}$)およびp型 GaAs キャップ層118(膜厚: 500nm)をそれぞれ分子線エピタキシ法にて基板温度 550°C で順次形成する。

ここで、多重量子井戸層116は、5周期の多重量子井戸層からなり、1周期分の構成は、非リッジ部114において、 $\text{Ga}_{0.85}\text{In}_{0.15}\text{As}$ (膜厚: 7nm)

)、 $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{As}$ (膜厚: 7 nm) である。

【0007】

以上の各層を結晶成長させた後、電極119を形成し、パターニングによりリッジ部113に、導波路の中心が基板111のリッジ構造の中心に合うように、図22、図23に示すように幅4 μm のリッジ状の〔01-1〕方向の導波路を形成する。そして、非リッジ部114の中央で劈開し、(01-1)面を共振器端面とする半導体レーザを作製する。以上により、リッジ部113に長さ500 μm の活性層を有し、非リッジ部114に長さ各20 μm の共振器端面の光ガイド層を有する窓構造型の半導体レーザを作製できる。

【0008】

上記において、Applied Physics Letters, 56, pp.1939(1990)にも示されているように、リッジを形成した部分に多重量子井戸層を成長させた場合、(311) A面と(3-1-1) A面とのInが(100)面に拡散する。

従って、リッジ部113に成長した多重量子井戸層116は、非リッジ部114に成長した多重量子井戸層116に比べて、In濃度が高く、かつ、膜厚が厚くなり、バンドギャップが小さくなる。

従って、出射端面側の活性層はリッジ上の活性層よりも相対的にバンドギャップが大きくなり、窓構造型の半導体レーザを形成することができる。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、前述した従来例は、 AlGaInP 系のレーザに適用することができないという問題がある。

AlGaInP 系のレーザのようにPを含むレーザを、前述の〔01-1〕方向のリッジストライプ上に成長させると、リッジ周辺には異常成長がおきる。

異常成長部周辺は成長速度が低下することから、リッジストライプ上の成長速度は下がり、膜厚は薄くなる。膜厚が薄くなると、多重量子井戸層の井戸幅が狭くなるため、量子準位があがり、バンドギャップは大きくなる。一方、リッジストライプ上のIn濃度は、異常成長の有無に関わらず高くなるため、バンドギャップは小さくなる。これらの成長速度とIn濃度の2つの効果は相殺し合い、リ

リッジストライプを利用した窓構造の作成を困難にするといった問題がある。

【0 0 1 0】

また、リッジストライプ上の成長速度が非リッジ部と比べて低下する（例えば、リッジ幅 $30\ \mu\text{m}$ 、リッジ高さ $2.7\ \mu\text{m}$ の場合には 40% 低下する）ことから、リッジストライプ上の活性層と、非リッジ部の光ガイド層の位置に大きなずれが生じるといった問題がある。

上記のずれによって、光導波路がゆがみ、波面のずれや、ファーフールドパターンが非対称になる等といった問題が生じる。

【0 0 1 1】

また、 AlGaInP 系のレーザは、傾斜させていない GaAs (1 0 0) 基板上に形成させた場合、表面のモフォロジーが悪くなるといった問題がある。

【0 0 1 2】

本発明は上記の事情に鑑みてなされたものであり、従って、本発明の目的は、リッジ周辺の異常成長を抑制し、リッジストライプ上の成長速度の低下が殆どなく、表面のモフォロジーも良好な窓構造型の半導体レーザおよびその製造方法を提供することである。

【0 0 1 3】

【課題を解決するための手段】

上記の目的を達成するため、本発明の半導体レーザは、活性層の端面が共振器の端面となって該共振器端面間に導波路を構成する半導体レーザであって、(1 0 0) 面より [0 - 1 - 1] 方向に傾斜した表面を有する基板と、上記基板に形成された、少なくとも In を含む 2 種類の III 族元素と P を含む V 族元素を含む活性層と、該活性層の上層および下層にそれぞれ配置された第 1 導電型のクラッド層および第 2 導電型のクラッド層を有する半導体積層体とを有し、上記基板に少なくとも 1 つのステップ状構造が設けられており、上記ステップ状構造の上段側であって、上記導波路の共振器端面を除く部分が上記ステップ状構造の近傍に位置し、上記導波路の共振器端面部分と上記ステップ状構造との間の距離が上記導波路の共振器端面を除く部分と上記ステップ状構造との間の距離よりも大きくなるように、上記導波路が配置されている。

【 0 0 1 4 】

上記の本発明の半導体レーザは、好適には、上記ステップ状構造が、上記導波路の共振器端面を除く部分の近傍のみに形成されている。

【 0 0 1 5 】

上記の本発明の半導体レーザは、好適には、上記ステップ状構造が、上記基板に設けられた凹溝の段差であり、上記凹溝の段差上段側であって、上記導波路の共振器端面を除く部分が上記凹溝の段差の近傍に位置し、上記導波路の共振器端面部分と上記凹溝の段差との間の距離が上記導波路の共振器端面を除く部分と上記凹溝の段差との間の距離よりも大きくなるように、上記導波路が配置されている。

さらに好適には、上記凹溝が、上記導波路の共振器端面を除く部分の近傍のみに形成されている。

あるいはさらに好適には、上記導波路の共振器端面部分と上記凹溝の段差との間の距離が $50\ \mu\text{m}$ 以下である。

【 0 0 1 6 】

上記の本発明の半導体レーザは、好適には、上記ステップ状構造が、上記基板に凸に設けられ、上記導波路の幅以上の幅を有するリッジであり、上記リッジ上であって、上記導波路の共振器端面を除く部分が上記リッジの段差の近傍に位置し、上記導波路の共振器端面部分と上記リッジの段差との間の距離が上記導波路の共振器端面を除く部分と上記リッジの段差との間の距離よりも大きくなるように、上記導波路が配置されている。

さらに好適には、上記基板に、上記導波路の幅以上の幅を有し、上記導波路の延伸方向に延伸する第1のリッジと、上記第1のリッジと交差する第2のリッジとが設けられており、上記第1のリッジ上であって、上記導波路の共振器端面部分が第1のリッジと第2のリッジの交差領域上に位置するように、上記導波路が配置されている。

あるいはさらに好適には、上記リッジが、上記導波路の共振器端面部分が位置する部分において、上記導波路の共振器端面を除く部分が位置する部分よりも幅広に形成されている。

あるいはさらに好適には、上記リッジの幅が $100\text{ }\mu\text{m}$ 以下である。

【0017】

上記の本発明の半導体レーザは、好適には、共振器方向が上記基板の〔01-1〕方向である。

あるいは好適には、基板の(100)面の〔0-1-1〕方向への傾斜角が 2° 以上 15° 以下である。

あるいは好適には、基板がGaAs、GaPもしくはInPからなる。

【0018】

上記の本発明の半導体レーザは、共振器端面および導波路以外の領域の導波路方向に少なくとも1つのステップ状構造が設けられた基板上に、少なくともInを含む2種類のIII族元素とPを含むV族元素からなるバルク活性層や多重量子井戸活性層などが形成されている。

上記の活性層に関して、ステップ状構造の上段側において、ステップ状構造に近づくほど、Inの濃度が高く形成され、遠ざかるほど、Inの濃度が低くなる。即ち、導波路の共振器端面を除く部分であるステップ状構造の近傍においてはIn濃度が高く形成されるので、導波路の共振器端面を除く部分の活性層のバンドギャップは狭くなり、一方、共振器端面部分は共振器端面を除く部分よりもステップ状構造から離れているので、共振器端面におけるバンドギャップは共振器端面を除く部分とくらべて大きくなり、これにより、窓構造を実現できる。

また、上記の構造は、一回の結晶成長で形成することができる。

また、基板を傾斜させているため表面モフォロジーが良く、異常成長も大幅に抑制され、ステップ状構造近傍と共振器端面との間の成長速度変化は殆どない。よってステップ状構造近傍と共振器端面との間に光導波路の段差ができず、波面のずれや、ファーフールドパターンが非対称になる等といった問題は発生しない。

【0019】

上記のステップ状構造が、導波路の共振器端面を除く部分の近傍のみに形成されている構成とすることで、共振器端面部分とステップ状構造との間の距離が共振器端面を除く部分とステップ状構造との間の距離よりも大きくなるように配置

することができる。

【 0 0 2 0 】

上記の基板に設けられたステップ状構造としては、凹溝の段差とすることができ、例えば、上記導波路の共振器端面を除く部分の近傍のみに凹溝が形成されている構成とすることで、共振器端面部分とステップ状構造との間の距離が共振器端面を除く部分とステップ状構造との間の距離よりも大きくなるように配置することができる。

【 0 0 2 1 】

上記の基板に設けられたステップ状構造としては、凸に設けられたリッジとすることができる。

この場合、リッジ上においては I_n 濃度が高くなり、 I_n 濃度はリッジ幅が狭くなるほど高く、広くなるにつれ低くなる。

従って、例えば、導波路の延伸方向に延伸する第1のリッジと、第1のリッジと交差する第2のリッジとが設けられており、第1のリッジよりも第2のリッジを幅広に設定し、導波路の共振器端面部分が第1のリッジと第2のリッジの交差領域上に位置するように、導波路が配置されている構成とする、即ち、第2のリッジ部分において劈開することで、第1のリッジと第2のリッジの交差領域上の共振器端面におけるバンドギャップは、第1のリッジ上の活性層とくらべて大きくなり、窓構造を実現できる。

また、リッジの形状として、上記導波路の共振器端面部分が位置する部分において、導波路の共振器端面を除く部分が位置する部分よりも幅広に形成されている構成とすることでも、幅広リッジ上の共振器端面におけるバンドギャップは、相対的に狭いリッジ上の活性層とくらべて大きくなり、窓構造を実現できる。

【 0 0 2 2 】

上記の目的を達成するため、本発明の半導体レーザの製造方法は、活性層の端面が共振器の端面となって該共振器端面間に導波路を構成する半導体レーザの製造方法であって、(100)面より[0-1-1]方向に傾斜した表面を有する基板に、少なくとも1つのステップ状構造を設ける工程と、上記基板上に、少なくとも I_n を含む2種類のIII族元素とPを含むV族元素を含む活性層と、該

活性層の上層および下層にそれぞれ配置された第 1 導電型のクラッド層および第 2 導電型のクラッド層を有する半導体積層体を形成する工程とを有し、上記ステップ状構造の上段側であって、上記導波路の共振器端面を除く部分が上記ステップ状構造の近傍に位置し、上記導波路の共振器端面部分と上記ステップ状構造との間の距離が上記導波路の共振器端面を除く部分と上記ステップ状構造との間の距離よりも大きくなるように、上記導波路を配置して形成する。

【 0 0 2 3 】

上記の本発明の半導体レーザの製造方法は、好適には、上記ステップ状構造として、上記基板に凹溝を設け、上記凹溝の上段側であって、上記導波路の共振器端面を除く部分が上記凹溝の近傍に位置し、上記導波路の共振器端面部分と上記凹溝との間の距離が上記導波路の共振器端面を除く部分と上記凹溝との間の距離よりも大きくなるように、上記導波路を配置して形成する。

【 0 0 2 4 】

上記の本発明の半導体レーザの製造方法は、好適には、上記ステップ状構造を設ける工程において、上記導波路の幅以上の幅を有するリッジを上記基板に凸に設け、上記リッジ上であって、上記導波路の共振器端面を除く部分が上記リッジの段差の近傍に位置し、上記導波路の共振器端面部分と上記リッジの段差との間の距離が上記導波路の共振器端面を除く部分と上記リッジの段差との間の距離よりも大きくなるように、上記導波路を配置して形成する。

【 0 0 2 5 】

上記の本発明の半導体レーザの製造方法は、さらに好適には、上記ステップ状構造を設ける工程において、上記基板に、上記導波路の幅以上の幅を有し、上記導波路の延伸方向に延伸する第 1 のリッジと、上記第 1 のリッジの幅以上の幅を有し、上記第 1 のリッジと交差する第 2 のリッジとを設け、上記半導体積層体を形成する工程において、上記第 1 および第 2 のリッジが形成された基板上に有機金属化学気相成長法により形成し、上記半導体積層体が形成された上記基板を、上記第 2 のリッジ上で劈開する工程をさらに有する。

またさらに好適には、上記第 1 のリッジが上記基板の〔 0 1 - 1 〕方向に延伸し、上記第 2 のリッジが上記基板の〔 0 - 1 - 1 〕方向に延伸するように形成す

る。

あるいは、またさらに好適には、上記半導体積層体が形成された上記基板を劈開する工程において、上記第2のリッジを当該第2のリッジの延伸方向に2等分する中央線よりも上記導波路側の位置で劈開する。

【0026】

上記の本発明の半導体レーザの製造方法は、(100)面より[0-1-1]方向に傾斜した表面を有する基板に、少なくとも1つのステップ状構造を設け、次に、基板上に、少なくともInを含む2種類のIII族元素とPを含むV族元素を含む活性層と、該活性層の上層および下層にそれぞれ配置された第1導電型のクラッド層および第2導電型のクラッド層を有する半導体積層体を形成する。

ここで、ステップ状構造の上段側であって、導波路の共振器端面を除く部分がステップ状構造の近傍に位置し、導波路の共振器端面部分とステップ状構造との間の距離が導波路の共振器端面を除く部分とステップ状構造との間の距離よりも大きくなるように、導波路を配置して形成する。

【0027】

上記の本発明の半導体レーザの製造方法によれば、ステップ状構造の近傍においてはIn濃度が高く形成されるので、ステップ状構造近傍の活性層のバンドギャップを狭く形成することができ、一方、共振器端面部分とステップ状構造との間の距離を共振器端面を除く部分とステップ状構造との間の距離よりも大きくなるように配置して形成するので、共振器端面におけるバンドギャップはステップ状構造近傍の活性層とくらべて大きくなり、窓構造を形成することができる。

また、一回の結晶成長で上記の構造を形成することができる。

また、基板を傾斜させているため表面モフォロジーが良く、異常成長も大幅に抑制され、ステップ状構造近傍と共振器端面との間の成長速度変化は殆どない。よってステップ状構造近傍と共振器端面との間に光導波路の段差ができず、波面のずれや、ファーフールドパターンが非対称になる等といった問題は発生しない。

【0028】

上記の本発明の半導体レーザの製造方法において、ステップ状構造としては、

凹溝や凸の設けられたリッジとすることができる。

上記のリッジとする場合、導波路の延伸方向に延伸する第1のリッジと、第1のリッジの幅以上の幅を有し、第1のリッジと交差する第2のリッジとを設け、半導体積層体を形成した後、第2のリッジ上で劈開することで、第1のリッジと第2のリッジの交差領域上の共振器端面におけるバンドギャップは、第1のリッジ上の活性層とくらべて大きくなり、窓構造を実現できる。

また、第2のリッジを当該第2のリッジの延伸方向に2等分する中央線よりも上記導波路側の位置で劈開することで、共振器端面における窓構造となる領域の幅を、第2のリッジの幅に制約を受けることなく、短くすることができる。

【0029】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の半導体レーザおよびその製造方法の実施の形態について、図面を参照して説明する。

【0030】

第1実施形態

図1(a)は、本実施形態に係る窓構造型の半導体レーザのレイアウトを示す上面図である。

例えば、(100)面より[0-1-1]方向に2～15°の範囲で傾斜したn型GaAs基板に、ステップ状構造として、例えば[01-1]方向に延伸する凹溝Gが設けられている。凹溝Gの大きさは、例えば深さが2.7μm、幅が20μm、長さが630μmとする。

上記の基板上に、AlGaInP系の半導体などの、少なくともInを含む2種類のIII族元素とPを含むV族元素を含む活性層と、該活性層の上層および下層にそれぞれ配置された第1導電型のクラッド層および第2導電型のクラッド層を有する半導体積層体が積層されている。

【0031】

上記において、半導体積層体中の活性層の端面が共振器の端面となっており、該共振器端面間に半導体レーザの導波路Pが構成され、上記共振器の端面からレーザ光が出射される。

上記導波路 P は、凹溝 G の段差 S の上段側に配置され、導波路 P の共振器端面を除く部分と凹溝 G の段差 S との距離 X が $50\ \mu\text{m}$ 以下、例えば $20\ \mu\text{m}$ 程度となるように、導波路 P の共振器端面を除く部分が凹溝 G の段差 S の近傍に位置される。

一方、導波路 P の共振器端面部分と凹溝 G の段差 S との間の距離が導波路の共振器端面を除く部分と凹溝 G の段差 S との間の距離よりも大きくなるように配置されている。例えば、図 1 (a) に示すように、導波路 P の共振器端面部分の近傍には凹溝 G が形成されていない構成とする。

【 0 0 3 2 】

上記の構成の半導体レーザにおいては、凹溝 G の段差 S を形成した基板上に多重量子井戸構造の活性層を成長させた場合、活性層中の I_n の濃度は、凹溝 G の外周となる段差 S に近いほど高く、遠ざかるにつれ低く形成される。

従って、凹溝 G の近傍に形成された共振器端面を除く部分における活性層の I_n 濃度は高く、バンドギャップは狭くなり、一方、凹溝 G から離れて形成された共振器端面部分では I_n 濃度が相対的に低く、バンドギャップは広くなって形成されて、これにより窓領域 W が形成される。

【 0 0 3 3 】

上記の構造は、一回の結晶成長で形成することができる。

また、基板を傾斜させているため表面モフォロジーが良く、異常成長も大幅に抑制され、凹溝の近傍と共振器端面との間の成長速度変化は殆どない。よって凹溝近傍と共振器端面との間に光導波路の段差ができず、波面のずれや、ファーフールドパターンが非対称になる等といった問題は発生しない。

【 0 0 3 4 】

上記の本実施例の半導体レーザの製造方法について説明する。

例えば、(100) 面より $[0-1-1]$ 方向に $2\sim 15^\circ$ 傾斜した GaAs からなる n 型基板 1 上に、フォトリソグラフィ工程とエッチング処理工程により、 $[01-1]$ 方向に凹溝 G を形成する。凹溝 G は、例えば深さが $2.7\ \mu\text{m}$ 、幅が $20\ \mu\text{m}$ 、長さが $630\ \mu\text{m}$ である。

次に、上記の凹溝 G が形成された基板上に、例えば MOCVD (有機金属化学

気相成長) 法により、AlGaInP系の半導体などの、少なくともInを含む2種類のIII族元素とPを含むV族元素を含む活性層と、該活性層の上層および下層にそれぞれ配置された第1導電型のクラッド層および第2導電型のクラッド層を有する半導体積層体を積層させる。

次に、上記半導体積層体に半導体レーザの導波路Pが構成される領域となるリッジストライプを形成し、その上層に電極を形成し、さらに共振器端面を構成する面において劈開して、上記の構成の半導体レーザとする。

【0035】

上記において、導波路Pを凹溝Gの上段側に配置し、さらに、導波路Pの共振器端面を除く部分と凹溝Gの段差Sとの距離Xが $50\mu\text{m}$ 以下、例えば $20\mu\text{m}$ 程度となるように、導波路Pの共振器端面を除く部分が凹溝Gの段差Sの近傍となるように配置する。

一方、導波路Pの共振器端面部分と凹溝Gの段差Sとの間の距離が導波路の共振器端面を除く部分と凹溝Gの段差Sとの間の距離よりも大きくなるように、例えば図1(a)に示すように、導波路Pの共振器端面部分の近傍には凹溝Gが形成されていない構成として形成する。

【0036】

上記の製造方法によれば、凹溝Gの段差Sの近傍に形成された共振器端面を除く部分における活性層のIn濃度は高く、バンドギャップは狭くなり、一方、凹溝Gの段差Sから離れて形成された共振器端面部分ではIn濃度が相対的に低く、バンドギャップは広がって形成されるので、この領域が窓領域Wとなる。

【0037】

上記の構造は、一回の結晶成長で形成することができる。

また、基板を傾斜させているため表面モフォロジーが良く、異常成長も大幅に抑制され、凹溝の近傍と共振器端面との間の成長速度変化は殆どない。よって凹溝近傍と共振器端面との間に光導波路の段差ができず、波面のずれや、ファーフールドパターンが非対称になる等といった問題は発生しない。

【0038】

第2実施形態

図 1 (b) は、本実施形態に係る窓構造型の半導体レーザのレイアウトを示す上面図である。

例えば、(100) 面より [0-1-1] 方向に $2 \sim 15^\circ$ の範囲で傾斜した n 型 GaAs 基板に、ステップ状構造として、例えば [01-1] 方向に延伸する 2 条の凹溝 G が設けられている。従って、2 条の凹溝 G に挟まれた領域は基板に凸に設けられたリッジ R となる。リッジ R の幅は、半導体レーザの導波路の幅以上の幅とする。

上記のリッジが形成された基板上に、第 1 実施形態と同様に、AlGaInP 系の半導体などの、少なくとも In を含む 2 種類の III 族元素と P を含む V 族元素を含む活性層と、該活性層の上層および下層にそれぞれ配置された第 1 導電型のクラッド層および第 2 導電型のクラッド層を有する半導体積層体が積層されている。

【0039】

上記において、半導体積層体中の活性層の端面が共振器の端面となっており、該共振器端面間に半導体レーザの導波路 P が構成され、上記共振器の端面からレーザ光が出射される。

上記導波路 P は、リッジ R 上に配置され、導波路 P の共振器端面を除く部分とリッジ R の段差 S との距離 X が $50 \mu\text{m}$ 以下、例えば $20 \mu\text{m}$ 程度となるように、導波路 P の共振器端面を除く部分がリッジ R の段差の近傍に位置される。

ここで、導波路 P は必ずしもリッジ R の中央部に位置する必要はなく、場合に応じてリッジ R の一方の段差 S に近づけて配置することも可能である。

上記の構成を実現するためには、例えばリッジの幅を $100 \mu\text{m}$ 以下に設定する。

一方、導波路 P の共振器端面部分とリッジ R の段差 S との間の距離が導波路の共振器端面を除く部分と凹溝 G との間の距離よりも大きくなるように配置されている。例えば、図 1 (b) に示すように、導波路 P の共振器端面部分の近傍には凹溝 G が形成されていない構成、即ち、リッジ R の段差 S が形成されていない構成とする。

【 0 0 4 0 】

上記の構成の半導体レーザにおいては、2条の凹溝Gにより構成されるリッジRを形成した基板上に多重量子井戸構造の活性層を成長させた場合、活性層中のInの濃度は、リッジRの段差Sに近いほど高く、遠ざかるにつれ低く形成される。

従って、リッジRの段差Sの近傍に形成された共振器端面を除く部分における活性層のIn濃度は高く、バンドギャップは狭くなり、一方、リッジRの段差Sから離れて形成された共振器端面部分ではIn濃度が相対的に低く、バンドギャップは広くなって形成されて、窓領域Wとなる。

【 0 0 4 1 】

上記の本実施形態の半導体レーザは、第1実施形態と同様に製造することができる。

例えば、(100)面より[0-1-1]方向に2~15°傾斜したGaAsからなるn型基板1に上記のような2条の凹溝Gを形成した後、例えばMOCVD法により、AlGaInP系の半導体などの、少なくともInを含む2種類のIII族元素とPを含むV族元素を含む活性層と、該活性層の上層および下層にそれぞれ配置された第1導電型のクラッド層および第2導電型のクラッド層を有する半導体積層体を積層させ、さらに、上記半導体積層体に半導体レーザの導波路Pが構成される領域となるリッジストライプを形成し、その上層に電極を形成し、さらに共振器端面を構成する面において劈開して、上記の構成の半導体レーザとする。

【 0 0 4 2 】

上記において、導波路PをリッジR上に配置し、さらに、導波路Pの共振器端面を除く部分とリッジRの段差Sとの距離Xが50μm以下、例えば20μm程度となるように、導波路Pの共振器端面を除く部分がリッジRの段差Sの近傍となるように配置し、一方、導波路Pの共振器端面部分と凹溝Gとの間の距離が導波路の共振器端面を除く部分と凹溝Gとの間の距離よりも大きくなるように、例えば図1(a)に示すように、導波路Pの共振器端面部分の近傍には2条の凹溝Gが形成されていない構成として形成する。

【 0 0 4 3 】

上記の製造方法では、凹溝GによるリッジRの段差Sの近傍に形成された共振器端面を除く部分における活性層のIn濃度は高く、バンドギャップは狭くなり、一方、凹溝GによるリッジRの段差Sから離れて形成された共振器端面部分ではIn濃度が相対的に低く、バンドギャップは広くなって形成されるので、この領域が窓領域Wとなる。

【 0 0 4 4 】

上記の構造は、一回の結晶成長で形成することができる。

また、基板を傾斜させているため表面モフォロジーが良く、異常成長も大幅に抑制され、凹溝の近傍と共振器端面との間の成長速度変化は殆どない。よって凹溝近傍と共振器端面との間に光導波路の段差ができず、波面のずれや、ファーフールドパターンが非対称になる等といった問題は発生しない。

【 0 0 4 5 】

第3実施形態

図2(a)は、本実施形態に係る窓構造型の半導体レーザのレイアウトを示す上面図である。

実質的に第1実施形態と同様であるが、第1実施形態において形成されている凹溝の代わりに低表面領域Lが構成されていることが異なる。

低表面領域Lにおける基板の表面は、他の領域よりも例えば $2.7\mu\text{m}$ 程度低く形成されており、この低表面領域Lの縁端部に段差Sが構成される。

半導体レーザの導波路Pを段差Sの上段側に配置し、導波路Pの共振器端面を除く部分と段差Sとの距離Xが $50\mu\text{m}$ 以下、例えば $20\mu\text{m}$ 程度となるように、導波路Pの共振器端面を除く部分が段差Sの近傍に位置され、一方、導波路Pの共振器端面部分と段差Sとの間の距離が導波路の共振器端面を除く部分と段差Sとの間の距離よりも大きくなるように配置されている。例えば、図2(a)に示すように、導波路Pの共振器端面部分の近傍には段差Sが配置されないように、低表面領域Lの縁端部が導波路Pから遠ざかる方向に屈曲した配置とすることができる。

【 0 0 4 6 】

上記の構成の半導体レーザにおいても、段差 S を形成した基板上に多重量子井戸構造の活性層を成長させた場合、活性層中の I n の濃度は、段差 S に近いほど高く、遠ざかるにつれ低く形成されるので、段差 S の近傍に形成された共振器端面を除く部分における活性層の I n 濃度は高く、バンドギャップは狭くなり、一方、段差 S から離れて形成された共振器端面部分では I n 濃度が相対的に低く、バンドギャップは広くなって形成されて、窓領域 W とすることができる。

【 0 0 4 7 】

第 4 実施形態

図 2 (b) は、本実施形態に係る窓構造型の半導体レーザのレイアウトを示す上面図である。

実質的に第 2 実施形態と同様であるが、第 2 実施形態において形成されている 2 条の凹溝の代わりに 1 対の低表面領域 L が構成されており、 1 対の低表面領域 L の間の領域が第 1 のリッジ R₁ となる。

また、導波路 P の共振器端面部分の近傍には段差 S が配置されないように、低表面領域 L の縁端部が導波路 P から遠ざかる方向に屈曲して配置されており、従って、導波路 P の共振器端面部分において上記第 1 のリッジ R₁ と交差する第 2 のリッジ R₂ が設けられている構成である。

低表面領域 L における基板の表面は、第 3 実施形態と同様、他の領域よりも例えば 2 . 7 μ m 程度低く形成されており、この低表面領域 L の縁端部に段差 S が構成される。

半導体レーザの導波路 P を第 1 のリッジ R₁ 上に配置し、導波路 P の共振器端面を除く部分と第 1 のリッジ R₁ の段差 S との距離 X が 5 0 μ m 以下、例えば 2 0 μ m 程度となるように、導波路 P の共振器端面を除く部分が第 1 のリッジ R₁ 段差 S の近傍に位置され、一方、上記のように、導波路 P の共振器端面部分の近傍には段差 S が配置されない構成となっている。

【 0 0 4 8 】

上記の構成の半導体レーザにおいても、第 1 のリッジ R₁ および第 2 のリッジ R₂ を形成した基板上に多重量子井戸構造の活性層を成長させた場合、活性層中

の I_n の濃度は、リッジの段差 S に近いほど高く、遠ざかるにつれ低く形成されるので、第 1 のリッジ R_1 の段差 S の近傍に形成された共振器端面を除く部分における活性層の I_n 濃度は高く、バンドギャップは狭くなり、一方、リッジ段差 S から離れて形成された共振器端面部分では I_n 濃度が相対的に低く、バンドギャップは広くなって形成されて、窓領域 W とすることができる。

【 0 0 4 9 】

上記の半導体レーザは、第 2 のリッジにおいて劈開されており、従って、活性層の形成工程時点での第 2 のリッジの幅を上記よりも広く設計することも可能である。この場合には、第 1 のリッジ上の I_n 濃度と第 2 のリッジ上の I_n 濃度の差をさらに大きくすることができ、よりエネルギー差の大きな窓構造を設計することが可能である。

【 0 0 5 0 】

第 5 実施形態

図 3 (a) は、本実施形態に係る窓構造型の半導体レーザのレイアウトを示す上面図である。

実質的に第 3 実施形態と同様であるが、第 3 実施形態において形成されている低表面領域 L の縁端部が、導波路 P の共振器端面部分の近傍には段差 S が配置されないように、導波路 P から遠ざかる方向に屈曲した後、共振器端面部分において再び共振器方向と平行な方向に屈曲する構成となっている。

即ち、導波路 P の共振器端面を除く部分と段差 S_1 との距離 X が $50 \mu m$ 以下、例えば $20 \mu m$ 程度となるように、導波路 P の共振器端面を除く部分が段差 S_1 の近傍に位置され、一方、導波路 P の共振器端面部分と導波路 P から遠ざけられた部分の段差 S_2 との間の距離 Y が上記距離 X よりも大きくなるように配置されている。

【 0 0 5 1 】

上記の構成の半導体レーザにおいても、段差 S を形成した基板上に多重量子井戸構造の活性層を成長させた場合、活性層中の I_n の濃度は、段差 S に近いほど高く、遠ざかるにつれ低く形成されるので、段差 S の近傍に形成された共振器端面を除く部分における活性層の I_n 濃度は高く、バンドギャップは狭くなり、一

方、段差 S から離れて形成された共振器端面部分では I_n 濃度が相対的に低く、バンドギャップは広がって形成されて、窓領域 W とすることができる。

【0052】

第6実施形態

図3 (b) は、本実施形態に係る窓構造型の半導体レーザのレイアウトを示す上面図である。

実質的に第4実施形態と同様であるが、第4実施形態において形成されている第1のリッジおよび第2のリッジの代わりに、1条のリッジ R のみが形成されており、導波路 P の共振器端面を除く部分における幅よりも、導波路 P の共振器端面部分の近傍におけるリッジの幅が広く形成されていることが異なる。

即ち、導波路 P の共振器端面を除く部分とリッジ R の段差 S_1 との距離 X が $50\mu m$ 以下、例えば $20\mu m$ 程度となるように、導波路 P の共振器端面を除く部分がリッジ R の段差 S_1 の近傍に位置され、一方、導波路 P の共振器端面部分とリッジの幅が広く形成された部分の段差 S_2 との間の距離 Y は、上記距離 X よりも大きくなるように配置されている。

【0053】

上記の構成の半導体レーザにおいても、導波路 P の共振器端面部分において幅広となるリッジ R を形成した基板上に多重量子井戸構造の活性層を成長させた場合、活性層中の I_n の濃度は、リッジ R の段差に近いほど高く、遠ざかるにつれ低く形成されるので、幅の狭い部分のリッジ R の段差 S_1 の近傍に形成された共振器端面を除く部分における活性層の I_n 濃度は高く、バンドギャップは狭くなり、一方、幅の広い部分のリッジ R の段差 S_2 から離れて形成された共振器端面部分では I_n 濃度が相対的に低く、バンドギャップは広がって形成されて、窓領域 W とすることができる。

【0054】

(実施例1)

図4 は、実施例1に係る窓構造型の半導体レーザの (a) 斜視図、(b) は (a) 中の $A-A'$ における断面図、(c) は (a) 中の $B-B'$ における断面図である。

(100) 面より [0-1-1] 方向に 10° 傾斜した n 型 GaAs 基板 1 の [01-1] 方向に、深さが $2.7\ \mu\text{m}$ 、幅が $20\ \mu\text{m}$ 、長さが $630\ \mu\text{m}$ の凹溝 2 が設けられており、その上層に、 $(\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ からなる膜厚が $1.1\ \mu\text{m}$ の n 型クラッド層 3、 $(\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ からなるガイド層 4、 $\text{Ga}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P} / (\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ からなる多重量子井戸構造の活性層 5、 $(\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ からなるガイド層 6、 $(\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ からなる膜厚 $0.3\ \mu\text{m}$ の p 型クラッド層 7、 $\text{Ga}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ からなる p 型エッチングストップ層 8、 $(\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ からなる膜厚が $1.1\ \mu\text{m}$ の p 型クラッド層 9、および、GaAs からなる膜厚が $0.35\ \mu\text{m}$ の p 型キャップ層 10 が積層されている。

上記の活性層 5 は、3 周期の多重量子井戸構造を有し、1 周期分の構成は、膜厚が $3.5\ \text{nm}$ の $\text{Ga}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ と膜厚が $4.0\ \text{nm}$ の $(\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ からなる。

【0055】

上記の半導体積層体において、エッチングストップ層 8 に達する深さの [01-1] 方向、幅 $3\ \mu\text{m}$ のリッジストライプ 11 が凹溝 2 から $20\ \mu\text{m}$ 離れた位置に形成されており、全面に GaAs 層からなる n 型埋め込み層 12 が形成されており、インデックスガイド構造となっている。また、p 型キャップ層 10 に接続するように、p 型キャップ層 10 および n 型埋め込み層 12 の上層に、電極 14 が形成されている。

【0056】

上記の半導体積層体は、リッジストライプ 11 の長手方向に垂直な平面である (01-1) 面で劈開されており、リッジストライプ 11 領域における上記活性層 5 の端面が共振器の端面となって、該共振器端面間に導波路が構成される。共振器長は $700\ \mu\text{m}$ である。

ここで、上記凹溝 2 は、導波路の共振器端面部分 (共振器端面 13 より $35\ \mu\text{m}$ 以内の範囲) の近傍には形成されておらず、共振器端面を除く部分 (共振器端面 13 より $35\ \mu\text{m}$ 以上離れた範囲) の近傍のみに形成されている。即ち、導波

路の共振器端面を除く部分は凹溝 2 に対して $20\ \mu\text{m}$ 程度の近傍に位置しているのに対し、導波路の共振器端面部分は凹溝 2 との間の距離が導波路の共振器端面を除く部分と凹溝 2 との間の距離よりも大きくなるように配置されている。

【 0 0 5 7 】

また、電極 1 4 は、長さ $650\ \mu\text{m}$ であり、共振器端面 1 3 の近傍（共振器端面 1 3 より $25\ \mu\text{m}$ ）には電極 1 4 が形成されておらず、電流非注入となっている。

【 0 0 5 8 】

上記の構造の半導体レーザにおいては、凹溝 2 を形成した基板 1 上に多重量子井戸構造の活性層 5 を成長させた場合、活性層 5 中の I_n の濃度は、凹溝 2 に近いほど高く、遠ざかるにつれ低く形成される。

従って、凹溝 2 の近傍に形成された共振器端面を除く部分（共振器端面 1 3 より $35\ \mu\text{m}$ 以上離れた範囲）における活性層 5 の I_n 濃度は高く、バンドギャップは狭くなり、一方、凹溝 2 から離れて形成された共振器端面部分（共振器端面 1 3 より $35\ \mu\text{m}$ 以内の範囲）では I_n 濃度が相対的に低く、バンドギャップは広がって形成されている。

以上のように、共振器端面から $35\ \mu\text{m}$ の範囲のバンドギャップを広くした窓構造を有し、窓構造内を電流非注入とした半導体レーザとなっている。

【 0 0 5 9 】

また、上記の構造は、一回の結晶成長で形成することができる。

また、基板を傾斜させているため表面モフォロジーが良く、異常成長も大幅に抑制され、凹溝の近傍と共振器端面との間の成長速度変化は殆どない。よって凹溝近傍と共振器端面との間に光導波路の段差ができず、波面のずれや、ファーフールドパターンが非対称になる等といった問題は発生しない。

【 0 0 6 0 】

上記の本実施例の半導体レーザの製造方法について説明する。

図 5 は、本実施例に係る半導体レーザを作製するための基板の構造を示す斜視図である。

(100) 面より $[0-1-1]$ 方向に 10° 傾斜した GaAs からなる n 型

基板 1 上の〔0 1 - 1〕方向の一部分（中央部）に、深さが $2.7 \mu\text{m}$ 、幅が $20 \mu\text{m}$ 、長さが $630 \mu\text{m}$ の〔0 1 - 1〕方向の凹溝 2 を、〔0 1 - 1〕方向に $700 \mu\text{m}$ 周期で、〔0 - 1 - 1〕方向に $300 \mu\text{m}$ 周期で形成した。これらの凹溝 2 は、フォトリソグラフィと $\text{H}_2\text{SO}_4 : \text{H}_2\text{O}_2 : \text{H}_2\text{O}$ のエッチャントによるエッチングとを用いて形成可能である。

また、図中に最終的に 1 つの半導体レーザ素子を構成する領域を領域 Z で示した。

【0 0 6 1】

上記の凹溝 2 が形成された基板 1 上に、MOCVD 法により、 $(\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ からなる膜厚が $1.1 \mu\text{m}$ の n 型クラッド層 3、 $(\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ からなるガイド層 4、 $\text{Ga}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P} / (\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ からなる多重量子井戸構造の活性層 5、 $(\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ からなるガイド層 6、 $(\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ からなる膜厚 $0.3 \mu\text{m}$ の p 型クラッド層 7、 $\text{Ga}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ からなる p 型エッチングストップ層 8、 $(\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ からなる膜厚が $1.1 \mu\text{m}$ の p 型クラッド層 9、および、GaAs からなる膜厚が $0.35 \mu\text{m}$ の p 型キャップ層 10 を、基板温度を 690°C として順次積層した。

【0 0 6 2】

次に、エッチングストップ層 8 を利用し、フォトリソグラフィと湿式エッチングによって〔0 1 - 1〕方向、幅 $3 \mu\text{m}$ のリッジストライプ 11 を凹溝 2 から $20 \mu\text{m}$ 離して形成させ、さらに MOCVD 法によって全面に GaAs からなる n 型埋め込み層 12 を形成した。

次に、共振器端面 13 の近傍（共振器端面 13 より $25 \mu\text{m}$ ）を除く領域において p 型キャップ層 10 に接続するように、p 型キャップ層 10 および n 型埋め込み層 12 の上層に電極 14 を形成した。電極 14 は、長さ $650 \mu\text{m}$ であり、それぞれの共振器端面 13 より $25 \mu\text{m}$ の範囲を電流非注入領域とした。

次に、凹溝 2 間の中央における（0 1 - 1）面で劈開し、インデックスガイドのリッジストライプ間の中央における（0 - 1 - 1）面で素子分離することにより、図 4 に示す半導体レーザを作製した。

【 0 0 6 3 】

上記のようにして、共振器端面から $35\ \mu\text{m}$ の範囲のバンドギャップを広くした窓構造を有し、窓構造内を電流非注入とした半導体レーザを作製できた。

また、上記の構造は、一回の結晶成長で形成することができ、また、(100)面より傾斜させた基板1を使用したことにより、凹溝周辺に異常成長が生じることはなく、凹溝の近傍と共振器端面の成長速度は殆ど変化しない。よって、導波路に段差ができず、波面のずれや、ファーフールドパターンが非対称になる等といった問題は発生しない。

【 0 0 6 4 】

(実施例2)

図6は、実施例2に係る窓構造型の半導体レーザの(a)斜視図、(b)は(a)中のA-A'における断面図、(c)は(a)中のB-B'における断面図である。

(100)面より[0-1-1]方向に 10° 傾斜したn型GaAs基板1の[01-1]方向に延伸する、高さが $2.7\ \mu\text{m}$ 、幅が $20\ \mu\text{m}$ の第1のリッジ15と[0-1-1]方向に延伸する、高さが $2.7\ \mu\text{m}$ 、幅が $35\ \mu\text{m}$ の第2のリッジ16が設けられている。

上記の基板1上に、実施例1と同様の半導体積層体が積層されている。

【 0 0 6 5 】

上記の半導体積層体において、エッチングストップ層8に達する深さの[01-1]方向、幅 $3\ \mu\text{m}$ のリッジストライプ11が第1のリッジ15の中央部に形成されており、全面にGaAs層からなるn型埋め込み層12が形成されており、インデックスガイド構造となっている。また、p型キャップ層10に接続するように、p型キャップ層10およびn型埋め込み層12の上層に、電極14が形成されている。

【 0 0 6 6 】

上記の半導体積層体は、リッジストライプ11の長手方向に垂直な平面である(01-1)面で劈開されており、リッジストライプ11領域における上記活性層5の端面が共振器の端面となって、該共振器端面間に導波路が構成される。共

振器長は $700\ \mu\text{m}$ である。

また、電極 14 は、長さ $650\ \mu\text{m}$ であり、共振器端面 13 の近傍（共振器端面 13 より $25\ \mu\text{m}$ ）には電極 14 が形成されておらず、電流非注入となっている。

【0067】

上記の本実施例の半導体レーザの製造方法について説明する。

図 7 は、本実施例に係る半導体レーザを作製するための基板の構造を示す斜視図である。

(100) 面より $[0-1-1]$ 方向に 10° 傾斜した GaAs からなる n 型基板 1 上に、 $[01-1]$ 方向に延伸する高さが $2.7\ \mu\text{m}$ 、幅が $20\ \mu\text{m}$ の第 1 のリッジ 15 と、 $[0-1-1]$ 方向に延伸する高さが $2.7\ \mu\text{m}$ 、幅が $70\ \mu\text{m}$ の第 2 のリッジ 16 を形成した。第 1 のリッジ 15 の周期は $300\ \mu\text{m}$ 、第 2 のリッジの周期は $700\ \mu\text{m}$ とした。これらのリッジ形状は、フォトリソグラフィと $\text{H}_2\text{SO}_4 : \text{H}_2\text{O}_2 : \text{H}_2\text{O}$ のエッチャントによるエッチングとを用いて形成可能である。

また、図中に最終的に 1 つの半導体レーザ素子を構成する領域を領域 Z で示した。

上記の第 1 および第 2 のリッジ (15、16) が形成された基板 1 上に、実施例 1 と同様に、MOCVD 法により、半導体積層体を、基板温度を 690°C として順次積層した。

【0068】

次に、エッチングストップ層 8 を利用し、フォトリソグラフィと湿式エッチングによって $[01-1]$ 方向、幅 $3\ \mu\text{m}$ のリッジストライプ 11 を第 1 のリッジ 15 の中央部に形成させ、さらに MOCVD 法によって全面に GaAs からなる n 型埋め込み層 12 を形成した。

次に、共振器端面 13 の近傍（共振器端面 13 より $25\ \mu\text{m}$ ）を除く領域において p 型キャップ層 10 に接続するように、p 型キャップ層 10 および n 型埋め込み層 12 の上層に電極 14 を形成した。電極 14 は、長さ $650\ \mu\text{m}$ であり、それぞれの共振器端面 13 より $25\ \mu\text{m}$ の範囲を電流非注入領域とした。

次に、〔0-1-1〕方向の第2のリッジ16の中央における（01-1）面で劈開し、さらに〔01-1〕方向の第1のリッジ15間の中央における（0-1-1）面で素子分離することにより、図6に示す半導体レーザを作製した。

【0069】

上記の構造の半導体レーザの製造工程において、第1のリッジ15および第2のリッジ16を形成した基板1上に多重量子井戸構造の活性層5を成長させた場合、リッジ上のIn濃度が高くなる。In濃度は、リッジ幅が狭くなるほど高く、広くなるにつれ低くなる。

従って、幅20 μ mの〔01-1〕方向の第1のリッジ15上に形成されたインデックスガイドレーザの活性層5のIn濃度は高く、バンドギャップは狭くなり、幅70 μ mの〔0-1-1〕方向の第2のリッジ16上に形成された活性層5のIn濃度は相対的に低く、バンドギャップを広く形成することができる。

【0070】

上記のようにして、共振器端面から35 μ mの範囲のバンドギャップを広くした窓構造を有し、窓構造内を電流非注入とした半導体レーザを作製できた。

また、上記の構造は、一回の結晶成長で形成することができ、また、（100）面より傾斜させた基板1を使用したことにより、第1のリッジ15および第2のリッジ16周辺に異常成長が生じることはなく、第1のリッジ15上の成長速度と共振器端面13の第2のリッジ16上の成長速度は殆ど変化しない。よって、導波路に段差ができず、波面のずれや、ファーフールドパターンが非対称になる等といった問題は発生しない。

【0071】

なお、本実施例2では、図6（a）に示すように〔01-1〕方向の第1リッジ15が1条形成された場合について記述したが、図8に示すように、第1のリッジ15が2条以上形成されている構成としてもよい。

また、図9に示すように、〔01-1〕方向の第1リッジ15を形成させるために2条の凹溝17を設けた構成としても良い。

【0072】

（実施例3）

図 1 0 は、実施例 3 に係る窓構造型の半導体レーザの斜視図である。実質的に実施例 2 に係る半導体レーザと同様であり、断面図は、図 6 (b) および (c) と同様となっているが、 $[0-1-1]$ 方向に延伸する第 2 のリッジ 1 6 の幅が $20\mu\text{m}$ となっており、実施例 2 の場合よりも狭く形成されている。

【0073】

上記の本実施例の半導体レーザの製造方法について説明する。

図 1 1 は、本実施例に係る半導体レーザを作製するための基板の構造を示す斜視図である。

(100) 面より $[0-1-1]$ 方向に 10° 傾斜した GaAs からなる n 型基板 1 上に、 $[01-1]$ 方向に延伸する高さが $2.7\mu\text{m}$ 、幅が $20\mu\text{m}$ の第 1 のリッジ 1 5 と、 $[0-1-1]$ 方向に延伸する高さが $2.7\mu\text{m}$ 、幅が $140\mu\text{m}$ の第 2 のリッジ 1 6 を形成した。第 1 のリッジ 1 5 の周期は $300\mu\text{m}$ 、第 2 のリッジの周期は $800\mu\text{m}$ とした。これらのリッジ形状は、フォトリソグラフィと $\text{H}_2\text{SO}_4 : \text{H}_2\text{O}_2 : \text{H}_2\text{O}$ のエッチャントによるエッチングとを用いて形成可能である。

また、図中に最終的に 1 つの半導体レーザ素子を構成する領域を領域 Z で示した。

上記の第 1 および第 2 のリッジ (1 5、1 6) が形成された基板 1 上に、実施例 1 と同様に、MOCVD 法により、半導体積層体を、基板温度を 690°C として順次積層した。

【0074】

次に、エッチングストップ層 8 を利用し、フォトリソグラフィと湿式エッチングによって $[01-1]$ 方向、幅 $3\mu\text{m}$ のリッジストライプ 1 1 を第 1 のリッジ 1 5 の中央部に形成させ、さらに MOCVD 法によって全面に GaAs からなる n 型埋め込み層 1 2 を形成した。

次に、共振器端面 1 3 の近傍 (共振器端面 1 3 より $15\mu\text{m}$) を除く領域において p 型キャップ層 1 0 に接続するように、p 型キャップ層 1 0 および n 型埋め込み層 1 2 の上層に電極 1 4 を形成した。電極 1 4 は、長さ $670\mu\text{m}$ であり、それぞれの共振器端面 1 3 より $15\mu\text{m}$ の範囲を電流非注入領域とした。

次に、図 1 1 に示すように〔0-1-1〕方向の第 2 のリッジ 1 6 の中央線 C L から $50\mu\text{m}$ 分（図 1 1 中の距離 M に相当）、導波路を短くする位置で劈開し、残された第 2 のリッジ 1 6 の幅を $20\mu\text{m}$ とした。さらに〔0 1-1〕方向の第 1 のリッジ 1 5 間の中央における（0-1-1）面で素子分離することにより、図 1 0 に示す半導体レーザを作製した。

【0 0 7 5】

上記の構造の半導体レーザの製造工程において、第 1 のリッジ 1 5 および第 2 のリッジ 1 6 を形成した基板 1 上に多重量子井戸構造の活性層 5 を成長させた場合、リッジ上の In 濃度が高くなる。In 濃度は、リッジ幅が狭くなるほど高く、広くなるにつれ低くなる。

従って、幅 $20\mu\text{m}$ の〔0 1-1〕方向の第 1 のリッジ 1 5 上に形成されたインデックスガイドレーザの活性層 5 の In 濃度は高く、バンドギャップは狭くなり、幅 $140\mu\text{m}$ の〔0-1-1〕方向の第 2 のリッジ 1 6 上に形成された活性層 5 の In 濃度は相対的に低く、バンドギャップを広く形成することができる。第 1 のリッジ 1 5 および第 2 のリッジ 1 6 の幅の差が実施例 2 よりも大きいため、第 1 のリッジ 1 5 および第 2 のリッジ 1 6 上に形成される活性層 5 の In 濃度の差をさらに大きくすることができる。

一方で、上記のように第 2 のリッジ 1 6 の幅を広くした場合、第 2 のリッジ 1 6 の中央で劈開すると、第 2 のリッジ 1 6 の幅が $140\mu\text{m}$ の場合にバンドギャップを広げた窓領域の幅も $70\mu\text{m}$ と広くなってしまいが、上記のように第 2 のリッジ 1 6 の中央線から導波路を短くする位置で劈開することで、窓領域の幅を $20\mu\text{m}$ 程度に短く形成することができる。

【0 0 7 6】

上記の構造は、一回の結晶成長で形成することができ、また、（1 0 0）面より傾斜させた基板 1 を使用したことにより、第 1 のリッジ 1 5 および第 2 のリッジ 1 6 周辺に異常成長が生じることはなく、第 1 のリッジ 1 5 上の成長速度と共振器端面 1 3 の第 2 のリッジ 1 6 上の成長速度は殆ど変化しない。よって、導波路に段差ができず、波面のずれや、ファーフールドパターンが非対称になる等といった問題は発生しない。

【 0 0 7 7 】

(実施例 4)

図 1 2 は、実施例 4 に係る窓構造型の半導体レーザの (a) 斜視図、(b) は (a) 中の A-A' における断面図、(c) は (a) 中の B-B' における断面図である。

(1 0 0) 面より [0 - 1 - 1] 方向に 10° 傾斜した n 型 GaAs 基板 1 の [0 1 - 1] 方向に延伸する、高さが $2.7 \mu\text{m}$ 、幅が $20 \mu\text{m}$ のリッジ 1 5 が形成されており、このリッジ 1 5 の両端部から $35 \mu\text{m}$ の領域は、幅が $70 \mu\text{m}$ に広げられた幅広リッジ 1 8 となっている。

上記の基板 1 上に、実施例 1 と同様の半導体積層体が積層されている。

【 0 0 7 8 】

上記の半導体積層体において、エッチングストップ層 8 に達する深さの [0 1 - 1] 方向、幅 $3 \mu\text{m}$ のリッジストライプ 1 1 がリッジ 1 5 の中央部に形成されており、全面に GaAs 層からなる n 型埋め込み層 1 2 が形成されており、インデックスガイド構造となっている。また、p 型キャップ層 1 0 に接続するように、p 型キャップ層 1 0 および n 型埋め込み層 1 2 の上層に、電極 1 4 が形成されている。

【 0 0 7 9 】

上記の半導体積層体は、リッジストライプ 1 1 の長手方向に垂直な平面である (0 1 - 1) 面で劈開されており、リッジストライプ 1 1 領域における上記活性層 5 の端面が共振器の端面となって、該共振器端面間に導波路が構成される。共振器長は $700 \mu\text{m}$ である。

また、電極 1 4 は、長さ $650 \mu\text{m}$ であり、共振器端面 1 3 の近傍 (共振器端面 1 3 より $25 \mu\text{m}$) には電極 1 4 が形成されておらず、電流非注入となっている。

【 0 0 8 0 】

上記の本実施例の半導体レーザの製造方法について説明する。

図 1 3 は、本実施例に係る半導体レーザを作製するための基板の構造を示す斜視図である。

(100) 面より [0-1-1] 方向に 10° 傾斜した GaAs からなる n 型基板 1 上に、[01-1] 方向に延伸する高さが $2.7\mu\text{m}$ 、幅が $20\mu\text{m}$ のリッジ 15 を形成する。ここで、リッジ 15 には、共振器長の $700\mu\text{m}$ を周期として $70\mu\text{m}$ 分、幅が $70\mu\text{m}$ に広げられた幅広リッジ 18 を形成した。これらのリッジ形状は、フォトリソグラフィと $\text{H}_2\text{SO}_4 : \text{H}_2\text{O}_2 : \text{H}_2\text{O}$ のエッチャントによるエッチングとを用いて形成可能である。

また、図中に最終的に 1 つの半導体レーザ素子を構成する領域を領域 Z で示した。

上記の各リッジ (15、18) が形成された基板 1 上に、実施例 1 と同様に、MOCVD 法により、半導体積層体を、基板温度を 690°C として順次積層した。

【0081】

次に、エッチングストップ層 8 を利用し、フォトリソグラフィと湿式エッチングによって [01-1] 方向、幅 $3\mu\text{m}$ のリッジストライプ 11 をリッジ 15 の中央部に形成させ、さらに MOCVD 法によって全面に GaAs からなる n 型埋め込み層 12 を形成した。

次に、共振器端面 13 の近傍 (共振器端面 13 より $25\mu\text{m}$) を除く領域において p 型キャップ層 10 に接続するように、p 型キャップ層 10 および n 型埋め込み層 12 の上層に電極 14 を形成した。電極 14 は、長さ $650\mu\text{m}$ であり、それぞれの共振器端面 13 より $25\mu\text{m}$ の範囲を電流非注入領域とした。

次に、幅広リッジ 18 の中央における (01-1) 面で劈開し、さらに [01-1] 方向のリッジ 15 間の中央における (0-1-1) 面で素子分離することにより、図 12 に示す半導体レーザを作製した。

【0082】

上記の構造の半導体レーザの製造工程において、リッジ 15 および幅広リッジ 18 を形成した基板 1 上に多重量子井戸構造の活性層 5 を成長させた場合、In 濃度は、リッジ幅が狭くなるほど高く、広くなるにつれ低くなる。

従って、幅 $20\mu\text{m}$ の [リッジ 15 上に形成されたインデックスガイドレーザの活性層 5 の In 濃度は高く、バンドギャップは狭くなり、幅 $70\mu\text{m}$ の幅広リ

リッジ 1 8 上に形成された活性層 5 の I_n 濃度は相対的に低く、バンドギャップを広く形成することができる。

【0083】

上記のようにして、共振器端面から $35\mu m$ の範囲のバンドギャップを広くした窓構造を有し、窓構造内を電流非注入とした半導体レーザを作製できた。

また、上記の構造は、一回の結晶成長で形成することができ、また、(100) 面より傾斜させた基板 1 を使用したことにより、リッジ 1 5 および幅広リッジ 1 8 周辺に異常成長が生じることはなく、リッジ 1 5 上の成長速度と共振器端面 1 3 近傍の幅広リッジ 1 8 上の成長速度は殆ど変化しない。よって、導波路に段差ができず、波面のずれや、ファーフールドパターンが非対称になる等といった問題は発生しない。

【0084】

なお、上述の各実施例において、リッジもしくは幅広リッジの高さ、凹溝の深さが $0.4\mu m$ 以上の場合から、同様の効果が得られる。前記リッジもしくは幅広リッジの高さ、凹溝の深さは、高いもしくは深くてもよく、たとえば $4\mu m$ であっても同様の効果が得られる。

【0085】

なお上述の各実施例では、本発明を GaAs 埋め込みのインデックスガイドレーザに適用した場合について記述したが、本発明を適用できるレーザ構造は、この限りではない。

【0086】

また、凹溝もしくはリッジ構造を形成させるときに使用する手法は、ウェットエッチングに限らず、前記凹溝もしくはリッジ構造を形成できる手法であれば何でも良く、たとえば RIE (反応性イオンエッチング) でも良い。

また、ウェットエッチングのエッチャントについても、前記凹溝もしくはリッジ構造を形成できる手法であれば何でも良い。

また、凹溝もしくはリッジ構造を形成することによってできる凹溝側面もしくはリッジ側面の傾斜角度も上述の各実施例に限ることはなく、たとえば図 1 4 (a) に示すように凹溝の開口幅よりも凹溝底面の幅が広くような、傾斜角度 90°

度以上の斜面Fからなる凹溝としても良い。また、リッジ構造についても同様に、図14(b)に示すように、傾斜角度90度以上の斜面Fからなるリッジ構造としても良い。

【0087】

また、上述の各実施例では活性層を多重量子井戸層としたが、バルク活性層でも良く、また多重量子井戸層を歪超格子層としても良い。歪は圧縮歪であっても、引っ張り歪であっても、歪補償とした歪超格子層としても良い。

【0088】

また、上述の実施例では半導体積層体の成長温度を690℃としたが、更に低温もしくは高温でも良く、例えば640℃から730℃の間においても同様の効果が得られる。

【0089】

(変形例)

また、上記の各実施形態および実施例において、導波路Pはをリッジ上に配置する場合に、必ずしもリッジRの中央部に位置する必要はない。

特に、例えば図15(a)に示すように、(100)面より[0-1-1]方向に傾斜させた基板1にリッジ15を形成し、その上層にn型クラッド層3、活性層5、p型クラッド層7(9)、p型キャップ層10などからなる半導体積層体を積層させた結果、面方位が上記の傾斜面を保っているリッジ領域Raの他に、(100)面に近い表面を有するリッジ領域Rbが生成されてしまう場合があり、このときにはリッジ領域Rbの使用を避け、図15(b)に示すように、リッジ15の一方の段差に近づけて、面方位が傾斜面を保っているリッジ領域Raに導波路Pとなるリッジストライプ11を配置することが好ましい。

【0090】

(実施例5)

図2(a)に示す上記の第3実施形態に係る、低表面領域Lが形成されて、その縁端部に段差が形成された基板に半導体レーザを作製し、各領域のバンドギャップに相当するフォトルミネッセンススペクトルを測定した。

【 0 0 9 1 】

結果を図 1 6 に示す。図面上、縦軸および横軸は mm 単位の長さを示しており、矢印 D 方向が〔 0 - 1 - 1 〕方向であり、左下方の領域 L は低表面領域に相当し、その右側の領域が窓領域 W となる。

各領域の発光波長をハッチングの種類やハッチングの濃度などにより分けて示している。即ち、6 5 0 . 5 ~ 6 5 1 . 0 nm の領域 a、6 5 1 . 0 ~ 6 5 1 . 5 nm の領域 b、6 5 1 . 5 ~ 6 5 2 . 0 nm の領域 c、6 5 2 . 0 ~ 6 5 2 . 5 nm の領域 d、6 5 2 . 5 ~ 6 5 3 . 0 nm の領域 e、6 5 3 . 0 ~ 6 5 3 . 5 nm の領域 f、6 5 3 . 5 ~ 6 5 4 . 0 nm の領域 g、6 5 4 . 0 ~ 6 5 4 . 5 nm の領域 h、6 5 4 . 5 ~ 6 5 5 . 0 nm の領域 i、6 5 5 . 0 ~ 6 5 5 . 5 nm の領域 j、および、6 5 5 . 5 ~ 6 5 6 . 0 nm の領域 k である。

図 1 6 から、低表面領域 L の縁端部における段差に近づくにつれて発光波長が長波長化しており、遠ざかるにつれて短波長化している。

窓領域 W において最も短波長となっているが、低表面領域 L の縁端部における段差から 5 0 μ m 離れた領域では窓領域 W の発光波長と僅かに 1 nm 以内程度であり、導波路は低表面領域 L の縁端部における段差から 5 0 μ m 以内の範囲に配置することが必要であることがわかる。

【 0 0 9 2 】

(実施例 6)

図 1 (b) に示す上記の第 2 実施形態に係る、2 条の凹溝 G によりその間の領域がリッジとなっている基板に半導体レーザを作製し、各領域のバンドギャップに相当するフォトルミネッセンススペクトルを測定した。

【 0 0 9 3 】

結果を図 1 7 に示す。図面上、縦軸および横軸は mm 単位の長さを示しており、矢印 D 方向が〔 0 - 1 - 1 〕方向であり、左上方の領域 G は一方の凹溝領域に相当し、領域 G の下方領域がリッジ R に相当し、領域 G の右側の領域が窓領域 W となる。

各領域の発光波長をハッチングの種類やハッチングの濃度などにより分けて示している。即ち、6 5 1 . 0 ~ 6 5 1 . 5 nm の領域 b、6 5 1 . 5 ~ 6 5 2 .

0 nmの領域c、652.0～652.5 nmの領域d、652.5～653.0 nmの領域e、653.0～653.5 nmの領域f、653.5～654.0 nmの領域g、654.0～654.5 nmの領域h、654.5～655.0 nmの領域i、655.0～655.5 nmの領域j、および、655.5～656.0 nmの領域kである。

図17から、リッジRの段差に近づくにつれて発光波長が長波長化しており、遠ざかるにつれて短波長化している。

窓領域Wにおいて最も短波長となっているが、上記実施例5と同様、低表面領域Lの縁端部における段差から50 μ m離れた領域では窓領域Wの発光波長と僅かに1 nm以内程度であり、導波路は低表面領域Lの縁端部における段差から50 μ m以内の範囲に配置することが必要であることがわかる。

【0094】

(実施例7)

図1(b)に示す上記の第2実施形態に係る、2条の凹溝Gによりその間の領域がリッジとなっている基板に半導体レーザについて、リッジの幅を20 μ mとして作製し、各領域のバンドギャップに相当するフォトルミネッセンススペクトルを測定した。

【0095】

結果を図18に示す。図面上、縦軸および横軸はmm単位の長さを示しており、矢印D方向が[0-1-1]方向であり、左右上方の領域Gは2条の凹溝領域に相当し、領域Gに挟まれた領域がリッジRに相当し、領域GおよびリッジRの上方の領域が窓領域Wとなる。

各領域の発光波長をハッチングの種類やハッチングの濃度などにより分けて示している。即ち、651.0～652.0 nmの領域a、652.0～653.0 nmの領域b、653.0～654.0 nmの領域c、654.0～655.0 nmの領域d、655.0～656.0 nmの領域e、656.0～657.0 nmの領域f、657.0～658.0 nmの領域g、658.0～659.0 nmの領域h、659.0～660.0 nmの領域i、および、660.0～661.0 nmの領域jである。

図 1 8 から、リッジ R 上では発光波長が長波長化しており、一方窓領域 W まで遠ざかると短波長化しており、窓構造が形成されていることが確認された。

【 0 0 9 6 】

(実施例 8)

実施例 7 と同様の半導体レーザについて、リッジの幅を $60\ \mu\text{m}$ として作製し、各領域のバンドギャップに相当するフォトルミネッセンススペクトルを測定した。

【 0 0 9 7 】

結果を図 1 9 に示す。図面上、縦軸および横軸は mm 単位の長さを示しており、矢印 D 方向が $[0-1-1]$ 方向であり、左右上方の領域 G は 2 条の凹溝領域に相当し、領域 G に挟まれた領域がリッジ R に相当し、領域 G およびリッジ R の上方の領域が窓領域 W となる。

各領域の発光波長をハッチングの種類やハッチングの濃度などにより分けて示している。即ち、 $651.0\sim 652.0\ \text{nm}$ の領域 a、 $652.0\sim 653.0\ \text{nm}$ の領域 b、 $653.0\sim 654.0\ \text{nm}$ の領域 c、 $654.0\sim 655.0\ \text{nm}$ の領域 d、 $655.0\sim 656.0\ \text{nm}$ の領域 e、および、 $656.0\sim 657.0\ \text{nm}$ の領域 f である。

図 1 9 から、リッジ R の中央部でみると、リッジ R 上と窓領域 W での発光波長の差は高々 $2\ \text{nm}$ 程度であり、窓構造になってはいるが、あまり効果的ではないことが確認された。

【 0 0 9 8 】

(実施例 9)

実施例 7 と同様の半導体レーザについて、リッジの幅を $100\ \mu\text{m}$ として作製し、各領域のバンドギャップに相当するフォトルミネッセンススペクトルを測定した。

【 0 0 9 9 】

結果を図 2 0 に示す。図面上、縦軸および横軸は mm 単位の長さを示しており、矢印 D 方向が $[0-1-1]$ 方向であり、左右上方の領域 G は 2 条の凹溝領域に相当し、領域 G に挟まれた領域がリッジ R に相当し、領域 G およびリッジ R の

上方の領域が窓領域Wとなる。

各領域の発光波長をハッチングの種類やハッチングの濃度などにより分けて示している。即ち、651.0～652.0nmの領域a、652.0～653.0nmの領域b、653.0～654.0nmの領域c、654.0～655.0nmの領域d、および、655.0～656.0nmの領域eである。

図20から、リッジRの中央部でみると、リッジR上と窓領域Wでの発光波長の差はほとんどなく、窓構造になっていないことが確認された。

【0100】

【発明の効果】

上記のように、本発明の半導体レーザは、活性層のIn濃度を共振器端面付近のみが高められ、共振器端面付近のバンドギャップを広げた窓構造を作成されている。

上記の構造は1回の成長プロセスにより形成することが可能であり、さらに、共振器端面付近とそれ以外の共振器領域との間に、成長速度の差が殆ど生じないことから、共振器端面付近における光導波路の段差は殆ど生じず、波面のずれや、ファーフールドパターンが非対称になる等といった問題が生じない窓構造型半導体レーザを容易に実現することができる。

【0101】

上記のように、本発明の半導体レーザの製造方法は、1回の成長プロセスにより、活性層のIn濃度を共振器端面付近のみ高め、共振器端面付近のバンドギャップを広げた窓構造を作成することができる。さらに、共振器端面付近とそれ以外の共振器領域との間に、成長速度の差が殆ど生じないことから、共振器端面付近における光導波路の段差は殆ど生じず、波面のずれや、ファーフールドパターンが非対称になる等といった問題が生じない窓構造型半導体レーザを容易に製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

図1(a)および(b)は、それぞれ第1実施形態および第2実施形態に係る半導体レーザのレイアウトを示す上面図である。

【図 2】

図 2 (a) および (b) は、それぞれ第 3 実施形態および第 4 実施形態に係る半導体レーザのレイアウトを示す上面図である。

【図 3】

図 3 (a) および (b) は、それぞれ第 5 実施形態および第 6 実施形態に係る半導体レーザのレイアウトを示す上面図である。

【図 4】

図 4 は、実施例 1 に係る半導体レーザの構成を示す (a) 斜視図、(b) 共振器端面の断面図、(c) 共振器中央の断面図である。

【図 5】

図 5 は、実施例 1 に係る半導体レーザを作成する際に使用する基板の斜視図である。

【図 6】

図 6 は、実施例 2 に係る半導体レーザの構成を示す (a) 斜視図、(b) 共振器端面の断面図、(c) 共振器中央の断面図である。

【図 7】

図 7 は、実施例 2 に係る半導体レーザを作成する際に使用する基板の斜視図である。

【図 8】

図 8 は、実施例 2 に係る半導体レーザの別の構成例を示す斜視図である。

【図 9】

図 9 は、実施例 2 に係る半導体レーザの別の構成例を示す斜視図である。

【図 10】

図 10 は、実施例 3 に係る半導体レーザの構成を示す斜視図である。

【図 11】

図 11 は、実施例 3 に係る半導体レーザを作成する際に使用する基板の斜視図である。

【図 12】

図 12 は、実施例 4 に係る半導体レーザの構成を示す (a) 斜視図、(b) 共

振器端面の断面図、（c）共振器中央の断面図である。

【図 1 3】

図 1 3 は、実施例 4 に係る半導体レーザを作成する際に使用する基板の斜視図である。

【図 1 4】

図 1 4 （a）および（b）は、実施例 1 ～ 4 に係る半導体レーザを作成する際に使用する基板の別例の断面図である。

【図 1 5】

図 1 5 （a）および（b）は、変形例に係る半導体レーザの製造工程を示す断面図である。

【図 1 6】

図 1 6 は、実施例 5 に係るフォトルミネッセンススペクトルの結果を示す図である。

【図 1 7】

図 1 7 は、実施例 6 に係るフォトルミネッセンススペクトルの結果を示す図である。

【図 1 8】

図 1 8 は、実施例 7 に係るフォトルミネッセンススペクトルの結果を示す図である。

【図 1 9】

図 1 9 は、実施例 8 に係るフォトルミネッセンススペクトルの結果を示す図である。

【図 2 0】

図 2 0 は、実施例 9 に係るフォトルミネッセンススペクトルの結果を示す図である。

【図 2 1】

図 2 1 は、従来例に係る半導体レーザを作製する際に使用する基板の斜視図である。

【図 2 2】

図 2 2 は、従来例に係る半導体レーザの構成を示す断面図である。

【図 2 3】

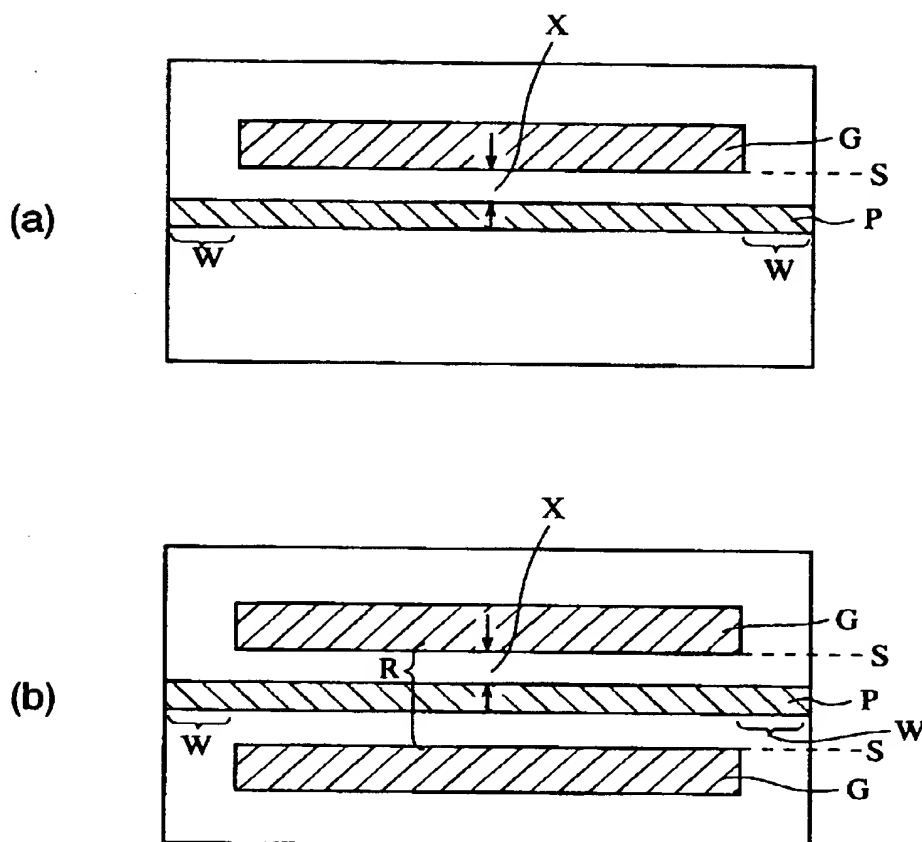
図 2 3 は、従来例に係る半導体レーザの構成を示す斜視図である。

【符号の説明】

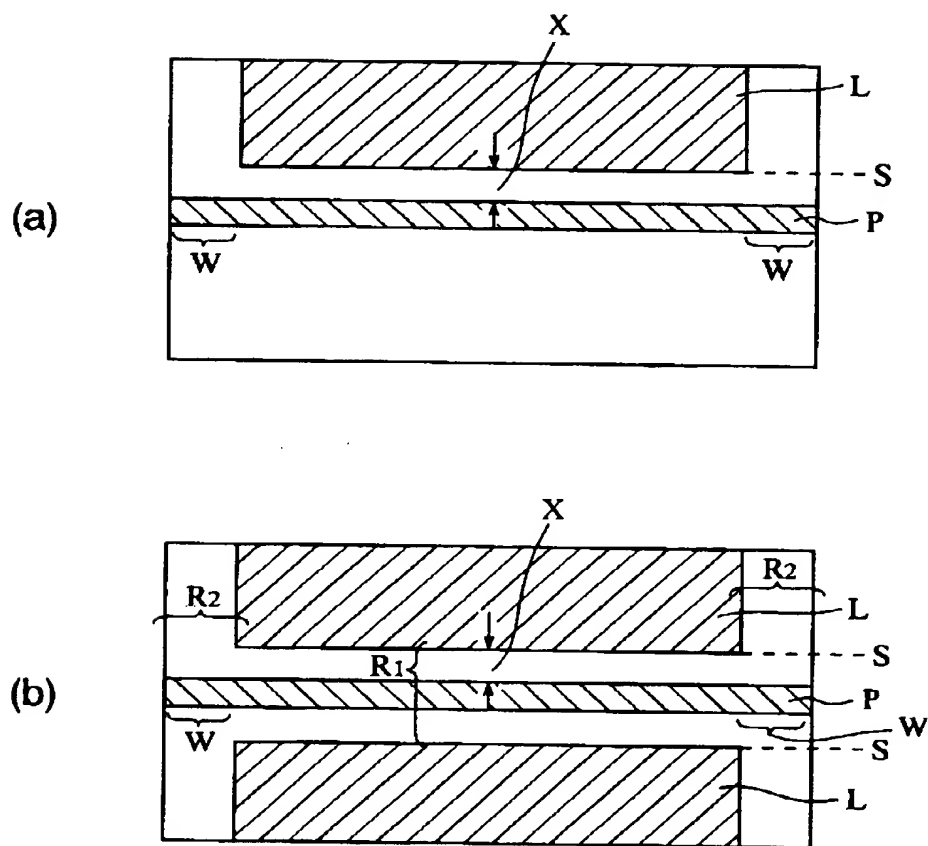
1 … n 型基板、2 … 凹溝、3 … n 型クラッド層、4 … ガイド層、5 … 活性層、
6 … ガイド層、7 … p 型クラッド層、8 … エッチングストップ層、9 … p 型クラ
ッド層、10 … p 型キャップ層、11 … リッジストライプ、12 … n 型埋め込み
層、13 … 共振器端面、14 … 電極、15 … 第 1 のリッジ、16 … 第 2 のリッジ
、17 … 凹溝、18 … 幅広リッジ、CL … 中央線、D … [0-1-1] 方向、F
… 斜面、G … 凹溝、L … 低表面領域、P … 導波路、R, R₁, R₂ … リッジ、S
, S₁, S₂ … 段差、W … 窓領域、Z … 1 つの半導体レーザ素子を構成する領域
。

【書類名】 図面

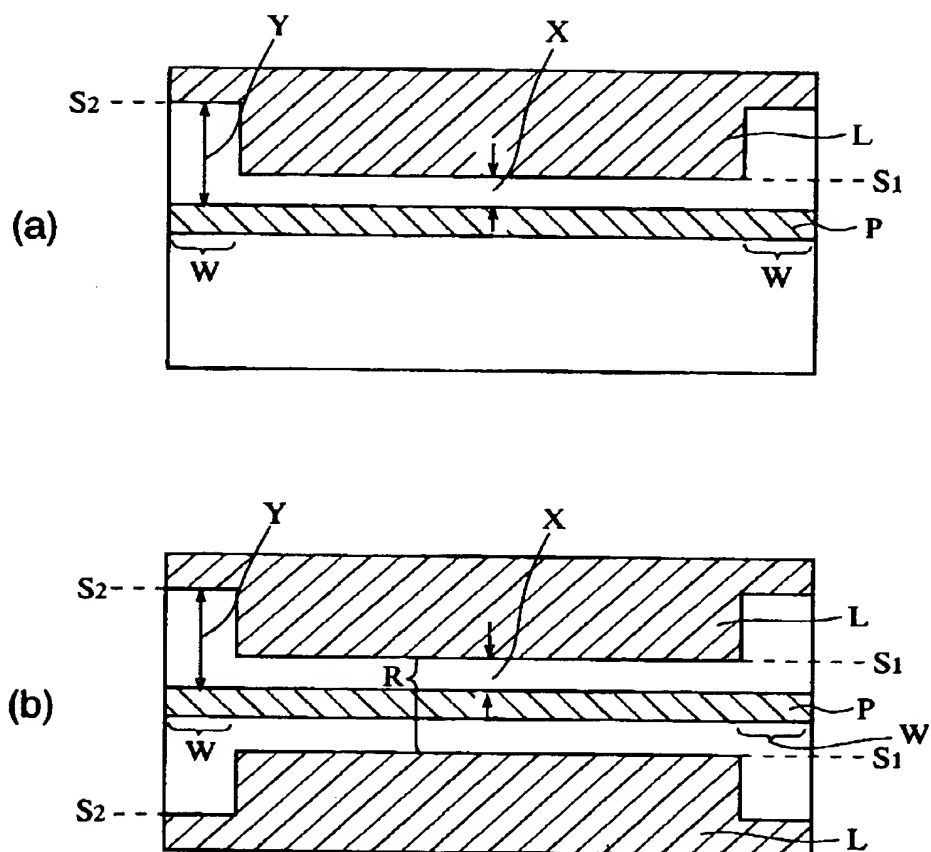
【図 1】



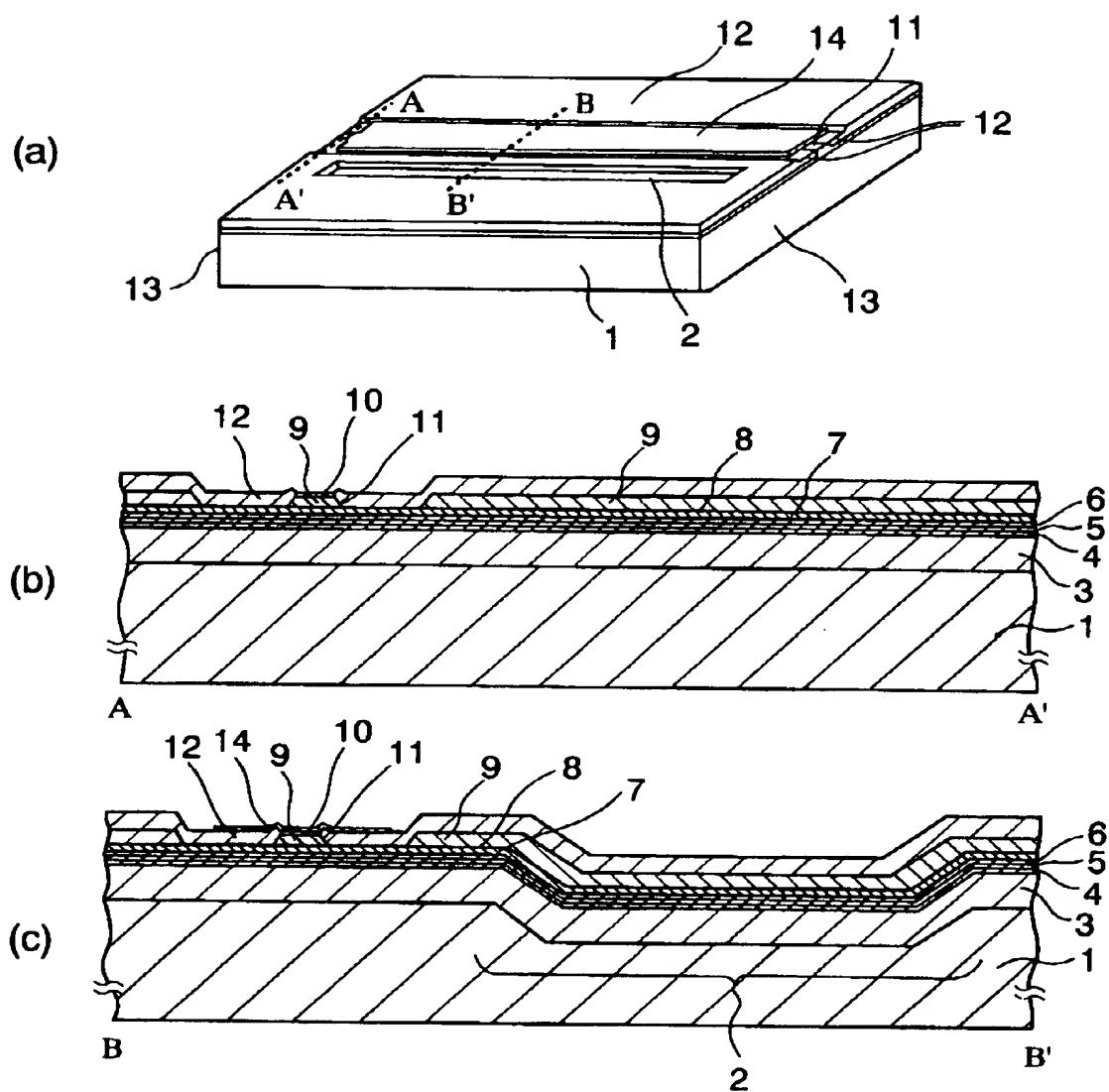
【図 2】



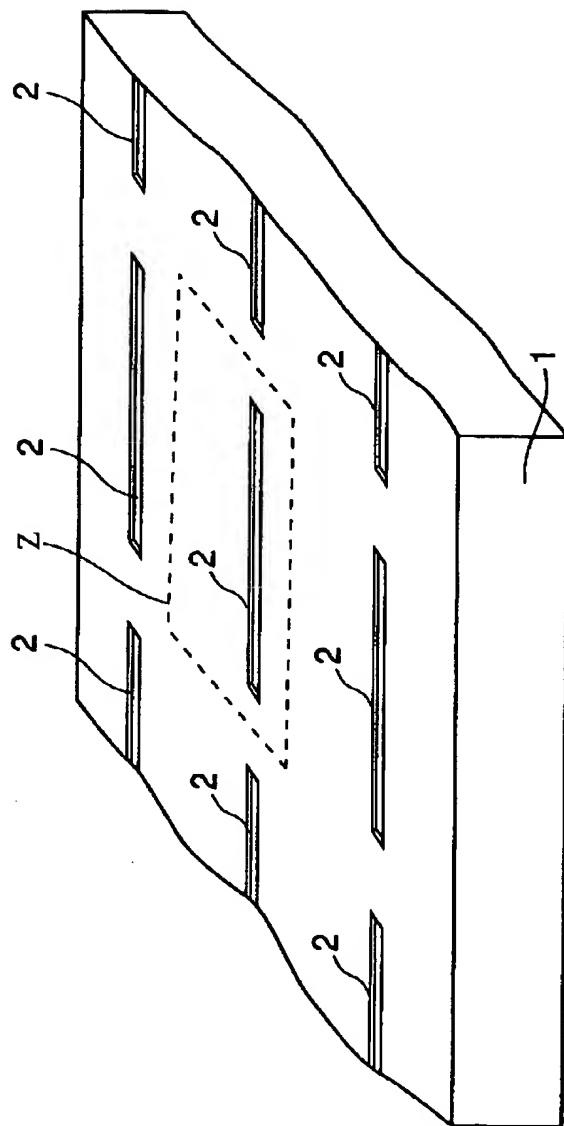
【図 3】



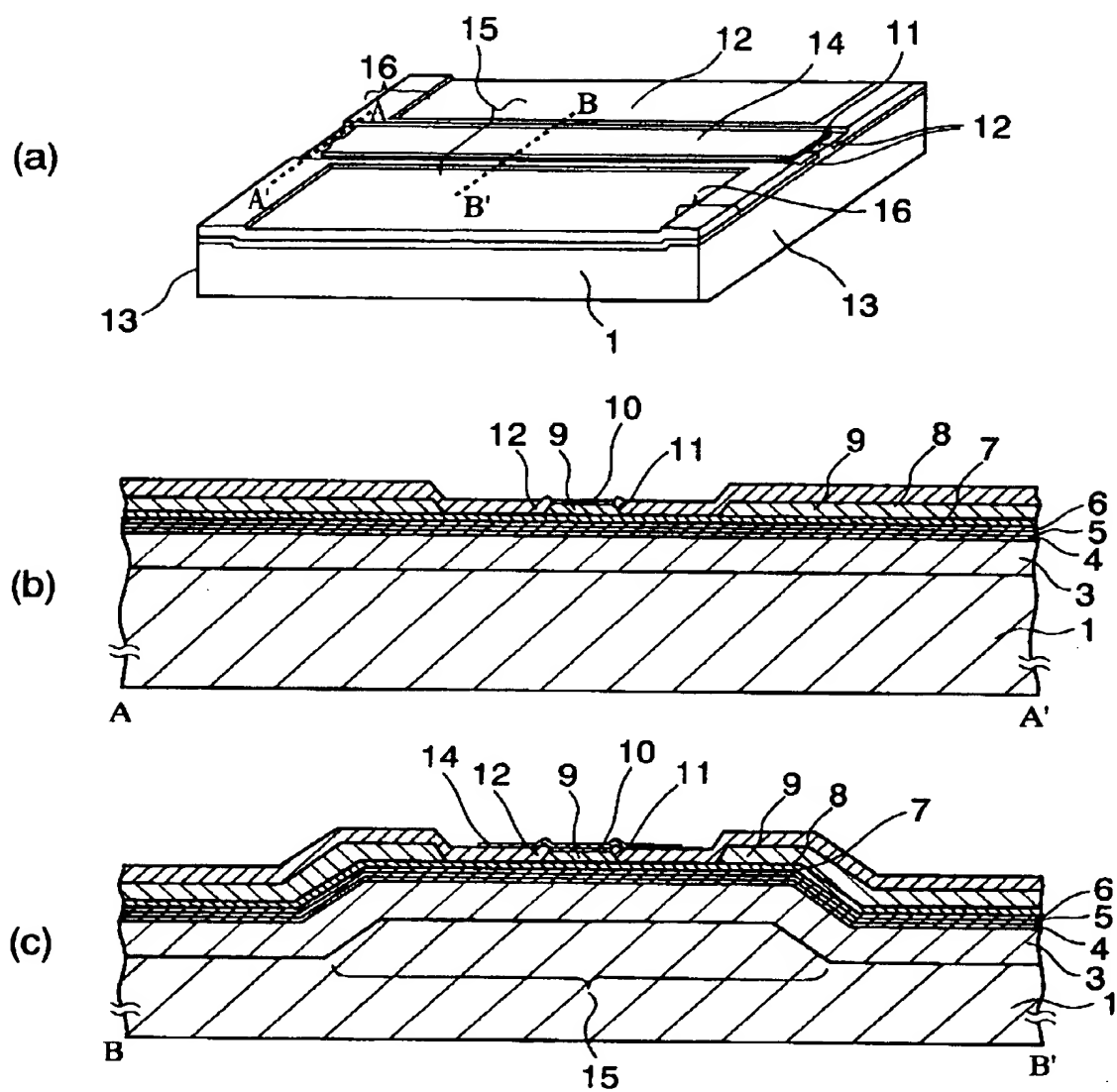
【図4】



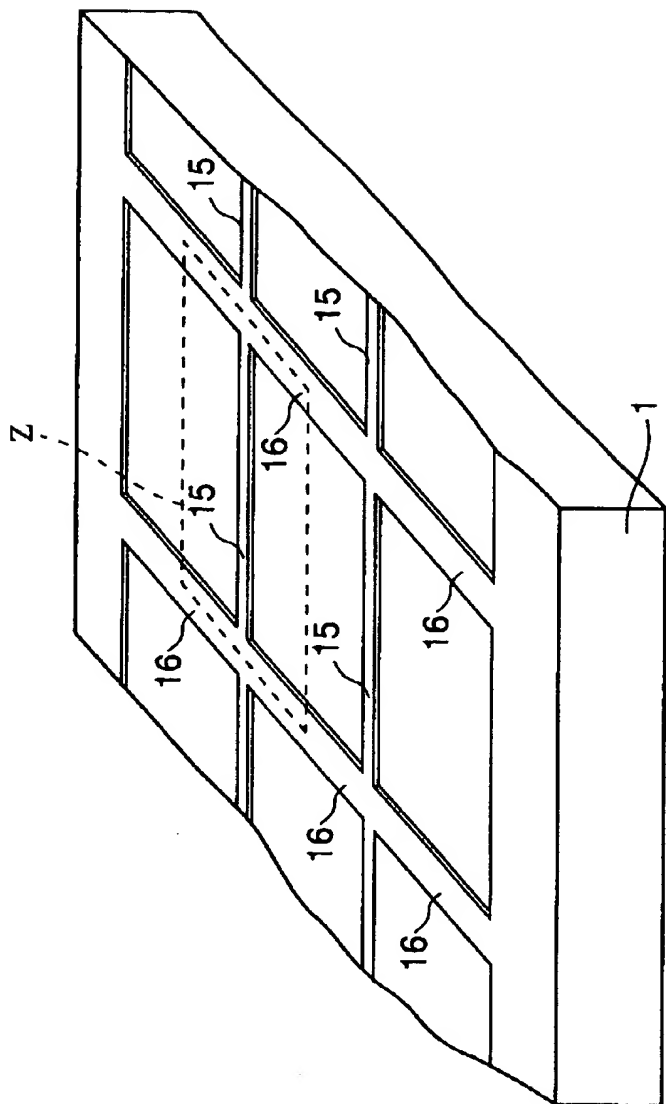
【図5】



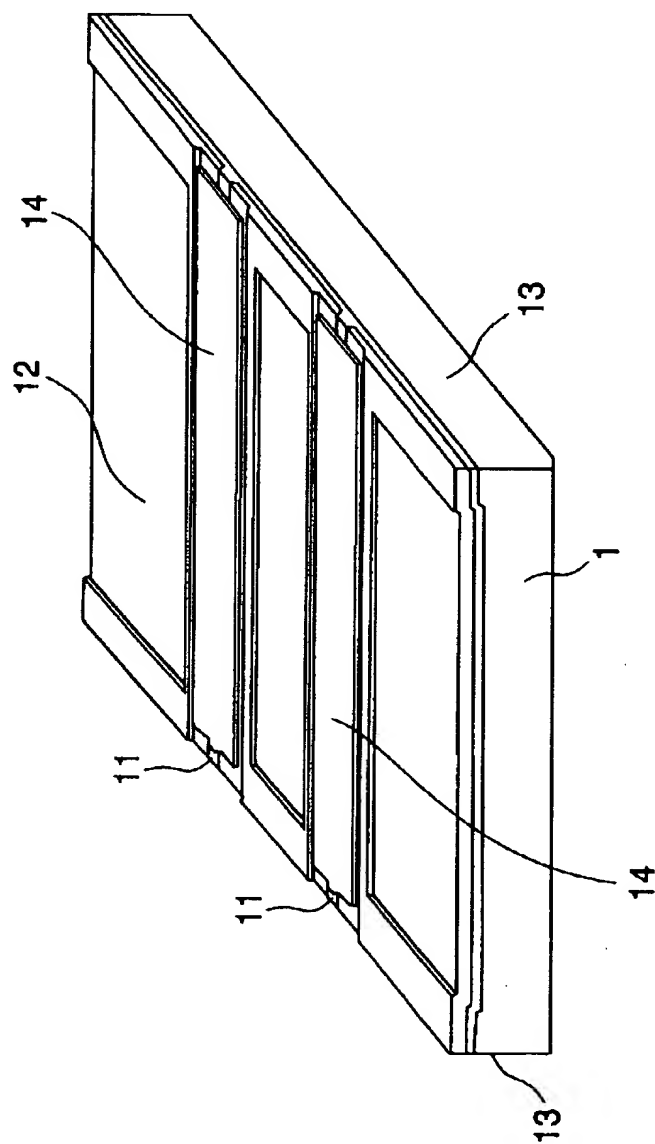
【図 6】



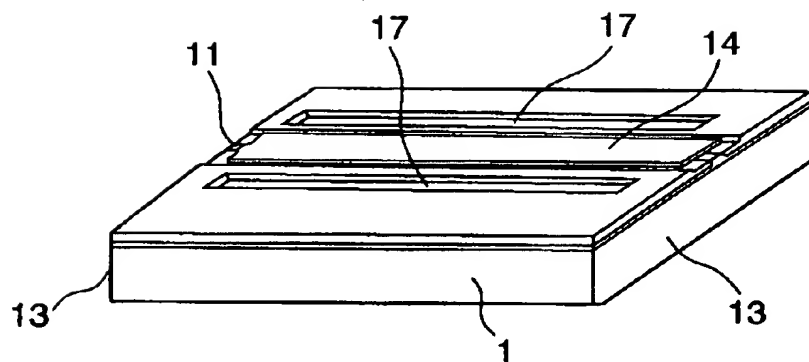
【図 7】



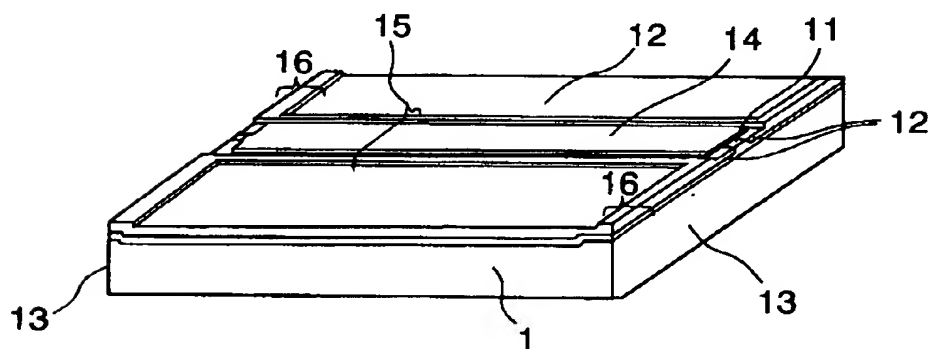
【図 8】



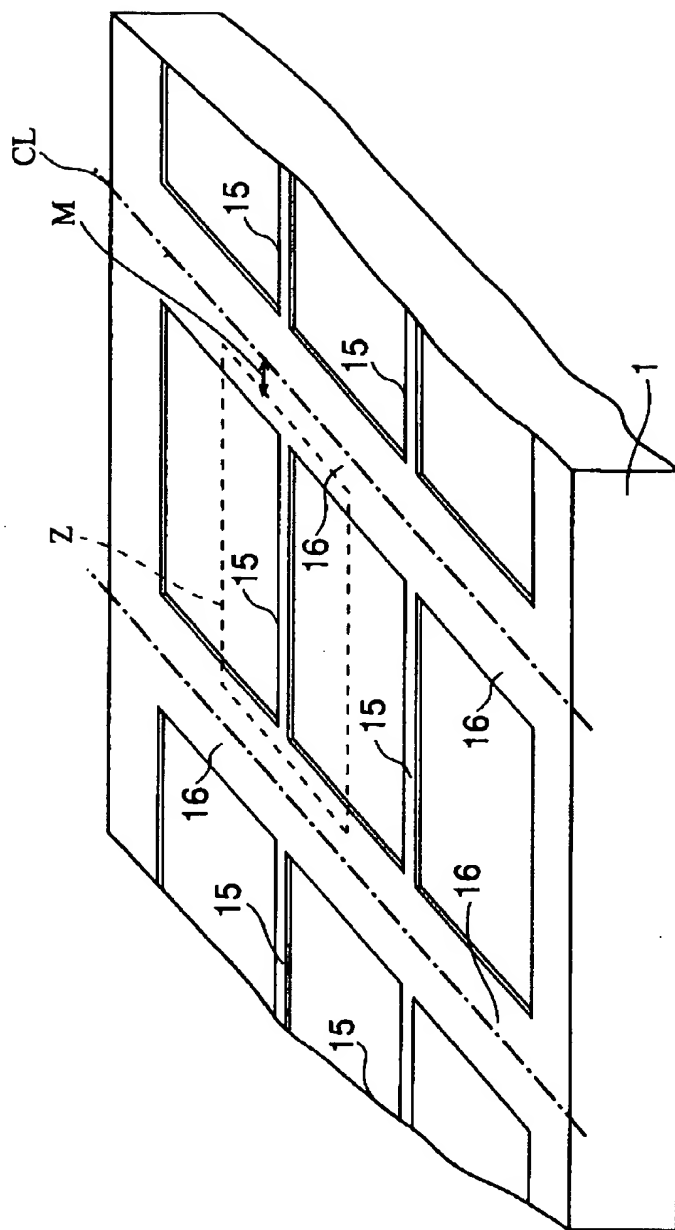
【図 9】



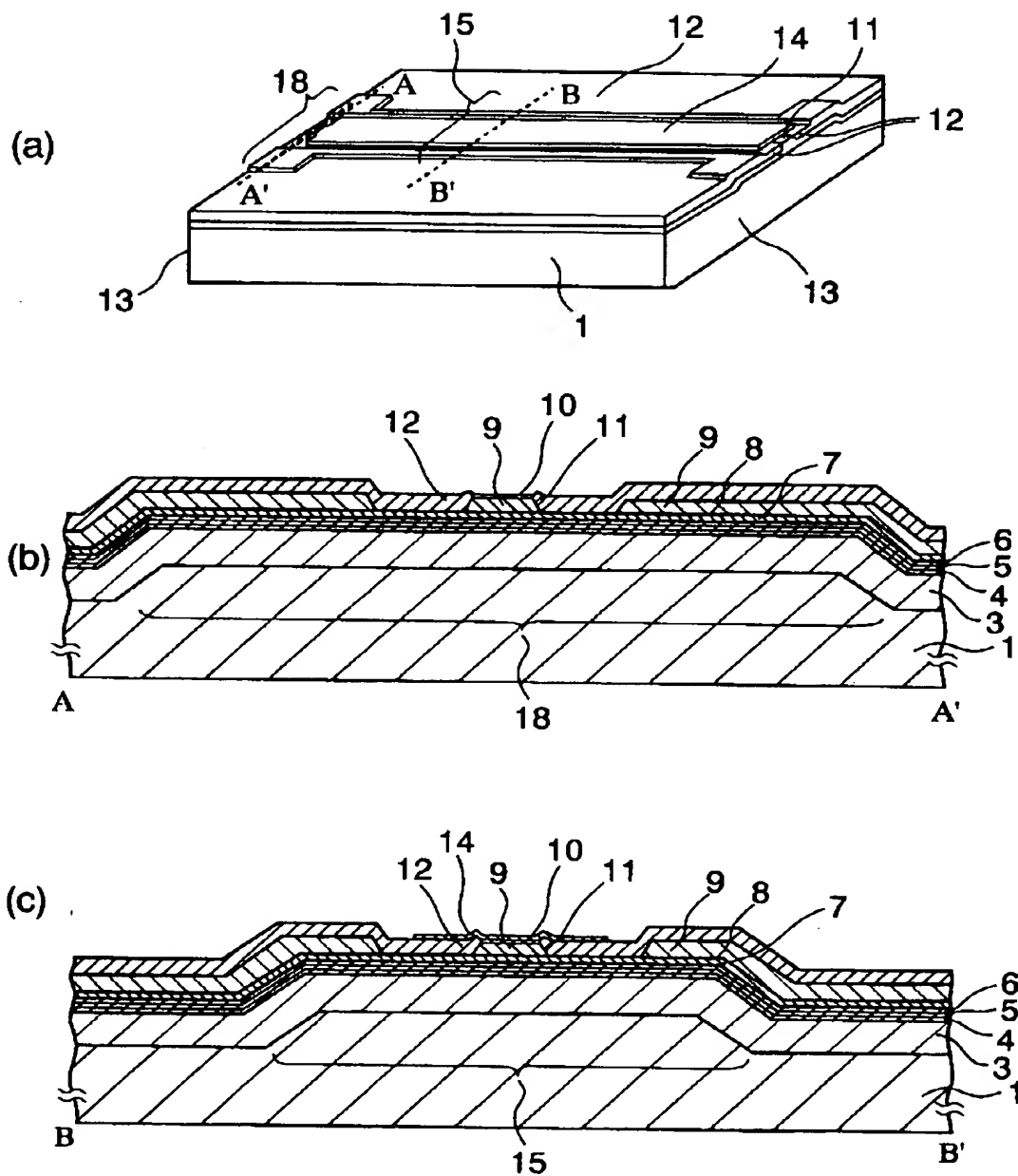
【図 1 0】



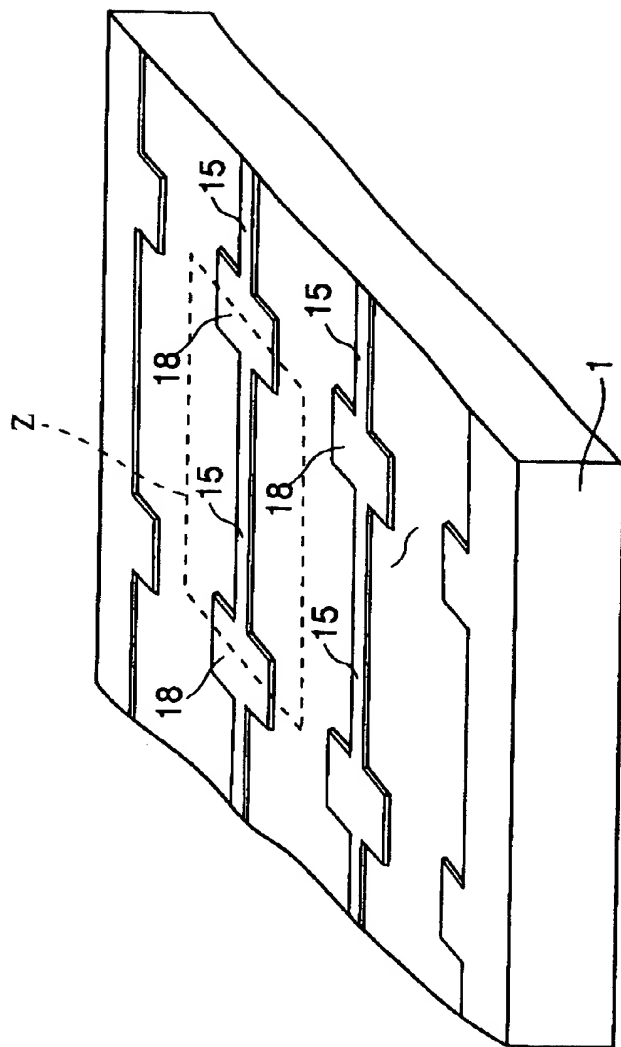
【図 11】



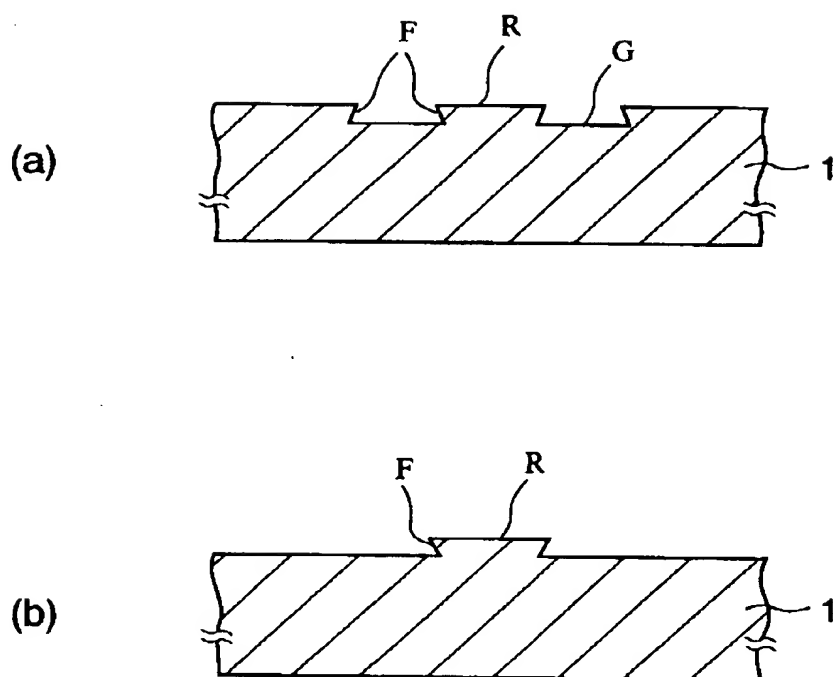
【図 12】



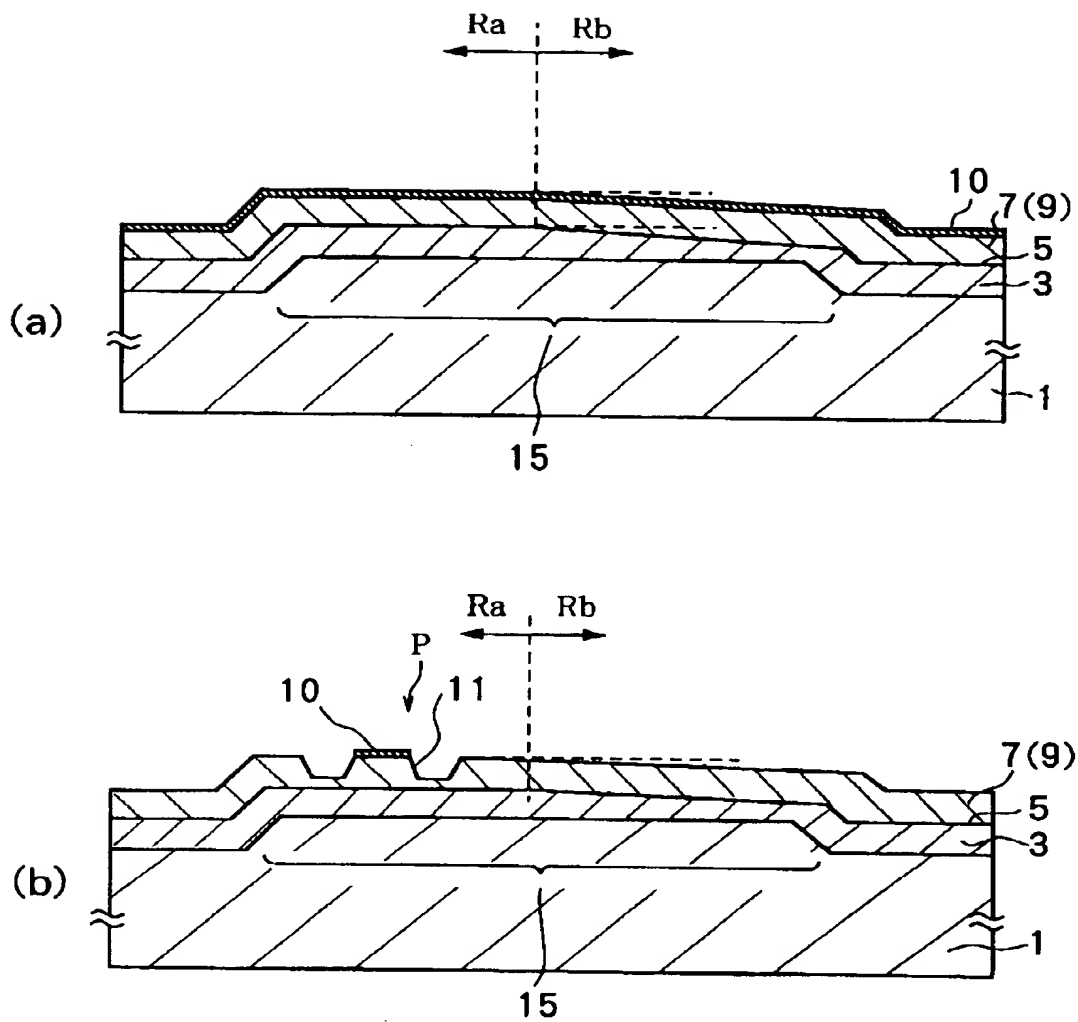
【図13】



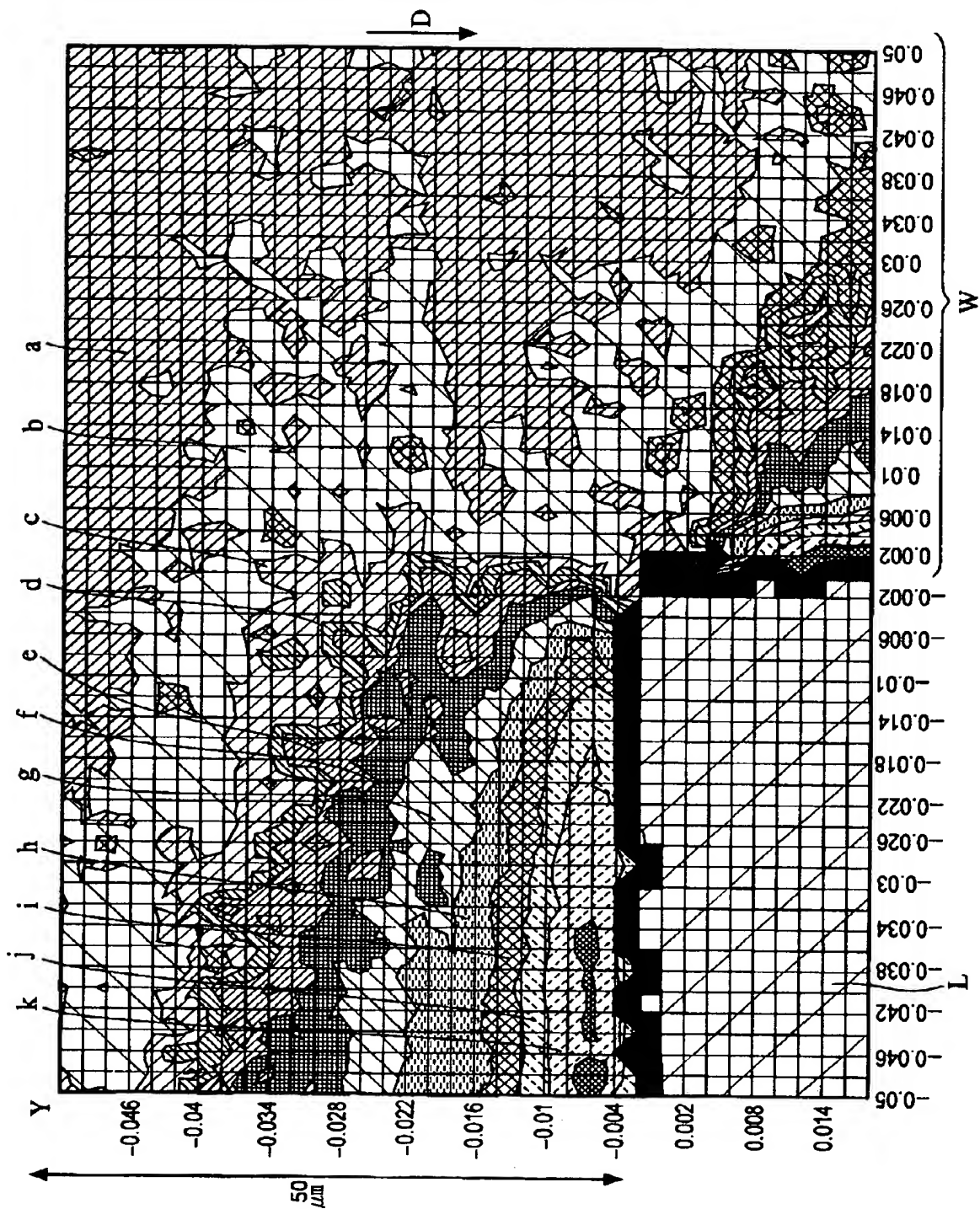
【図 1 4】



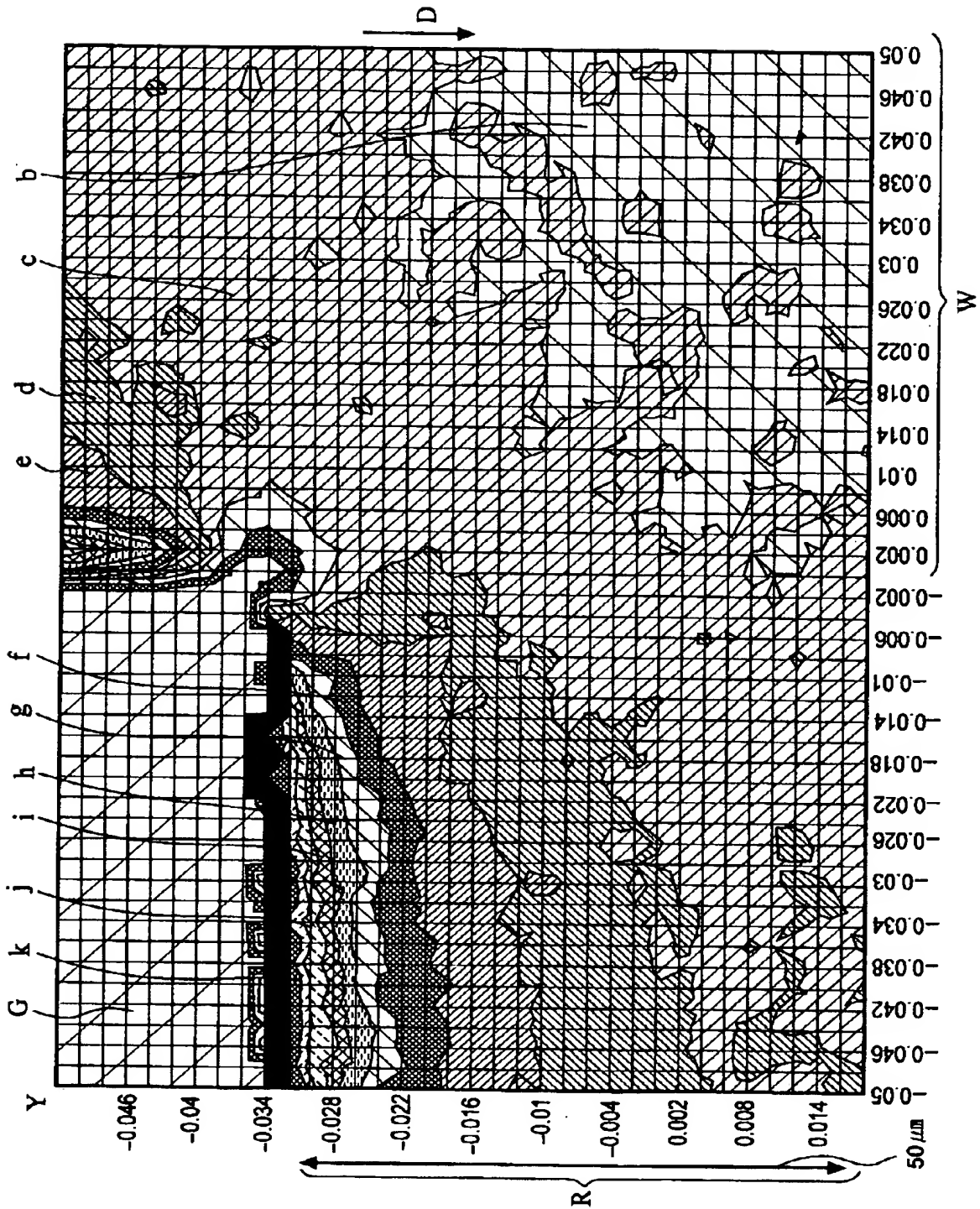
【図 15】



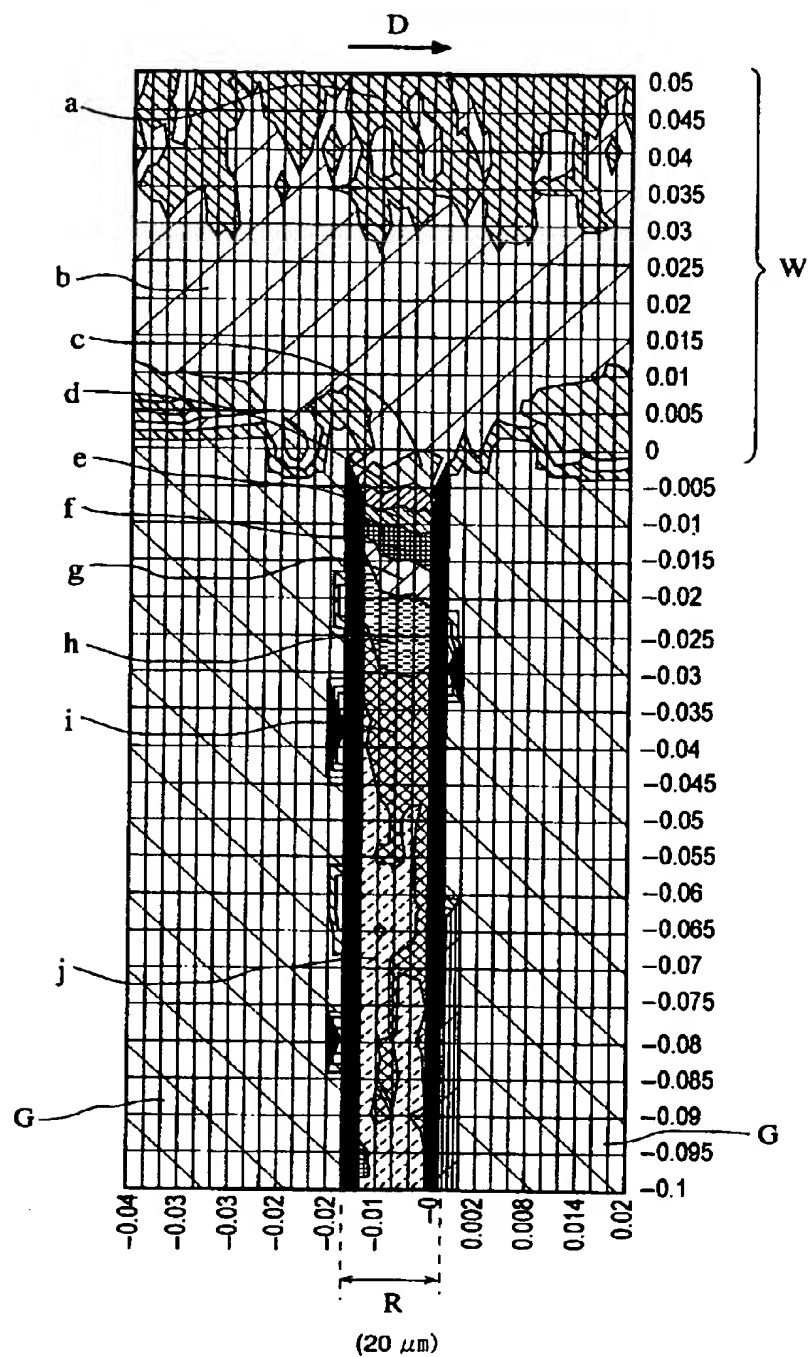
【図 16】



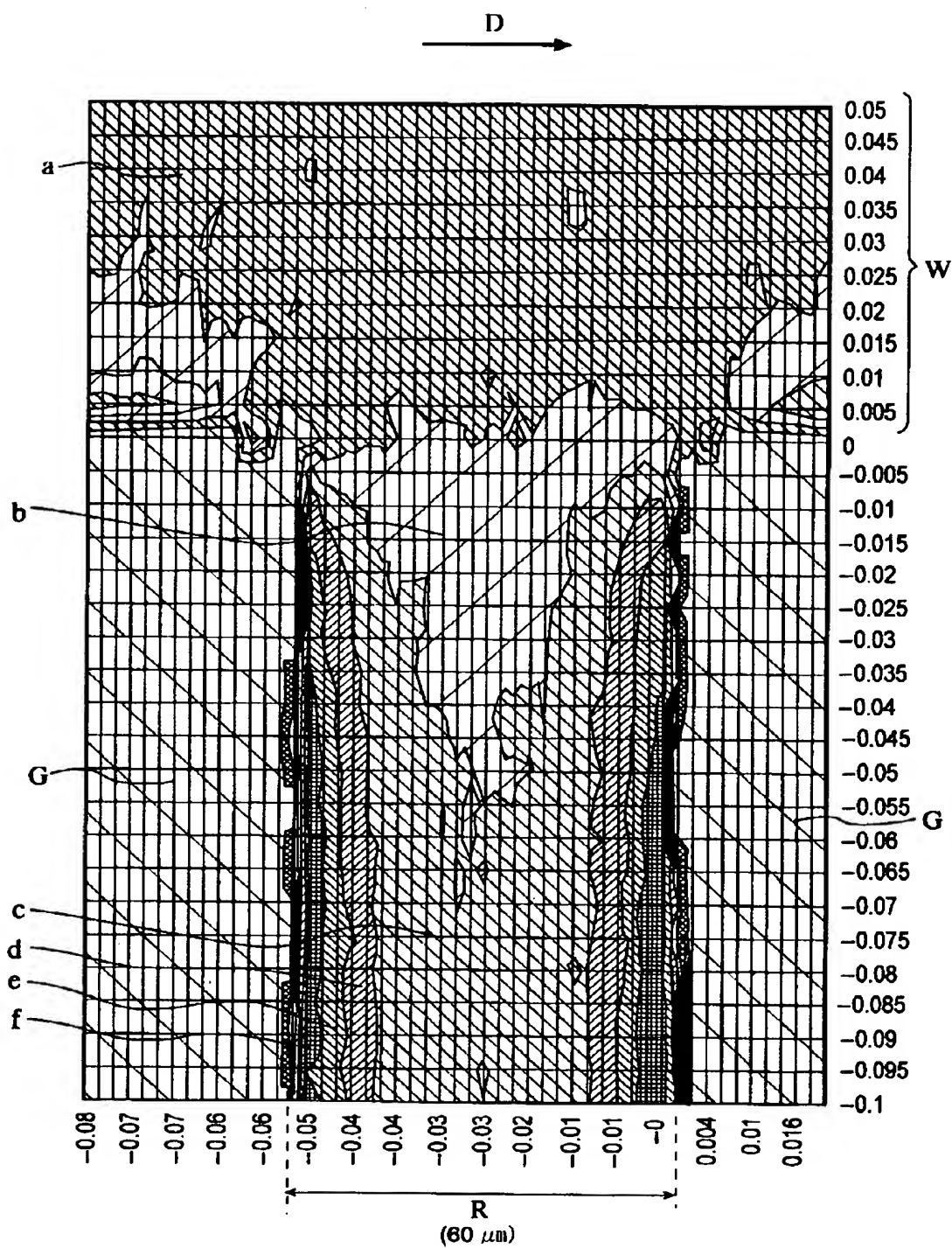
【図 17】



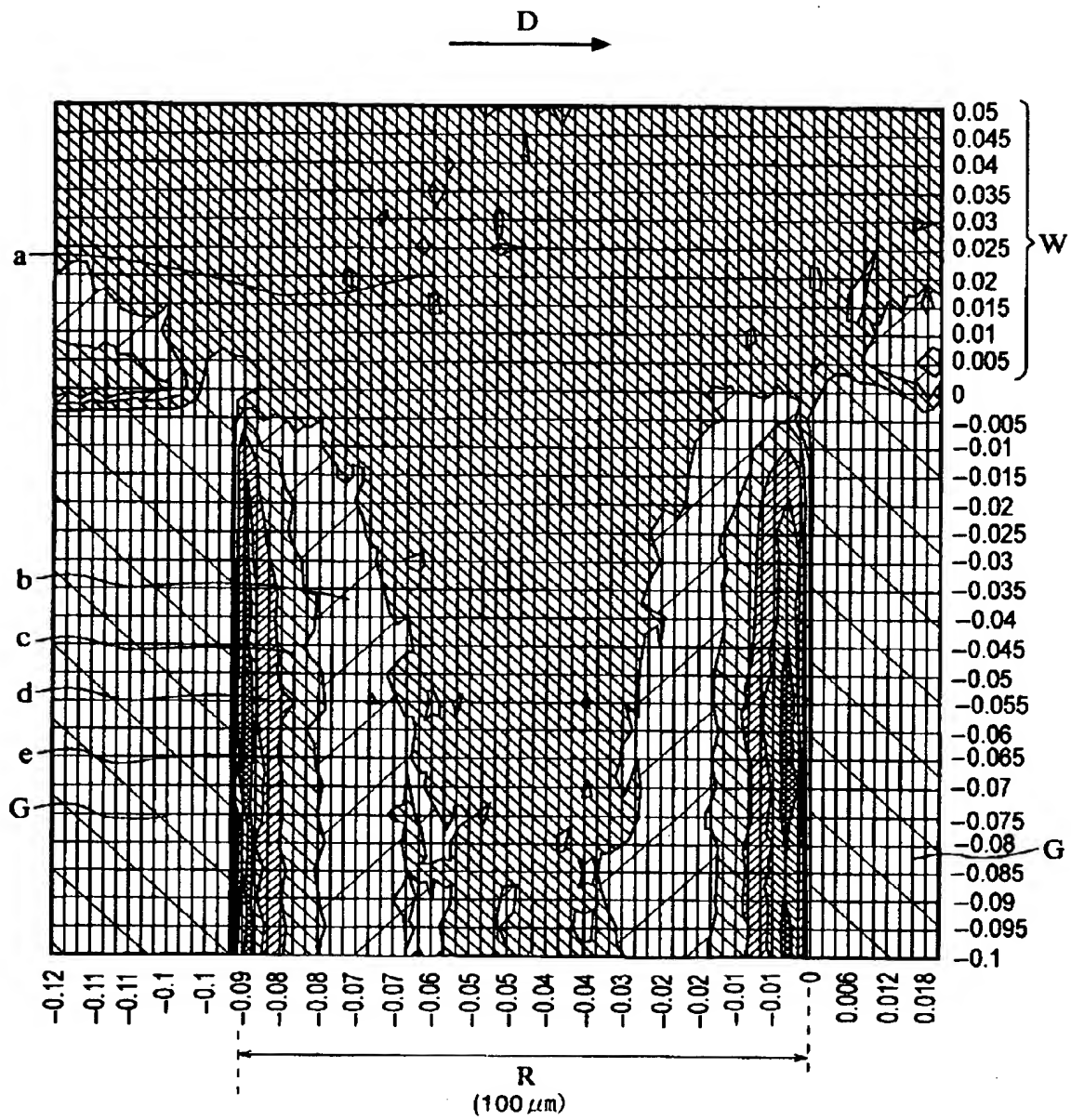
【図 18】



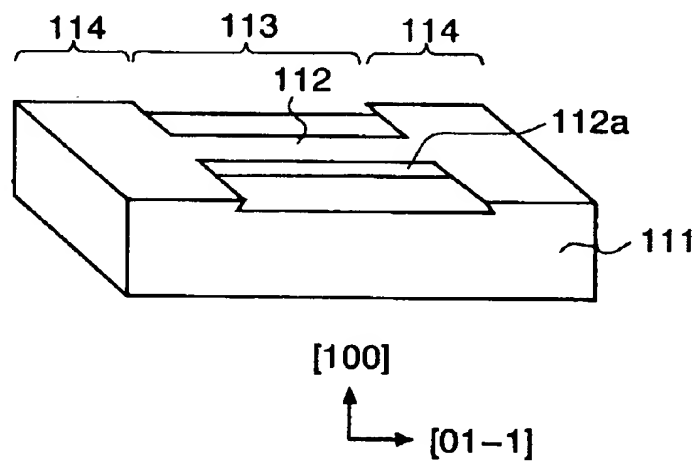
【図 19】



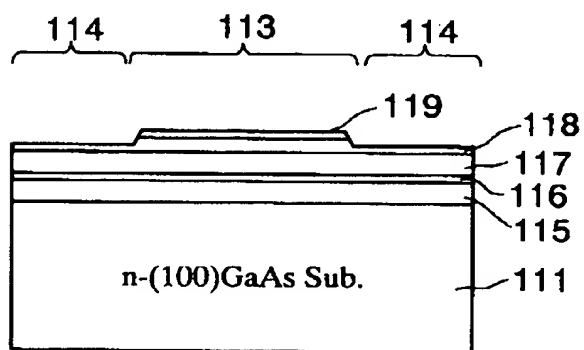
【図 20】



【図 2 1】

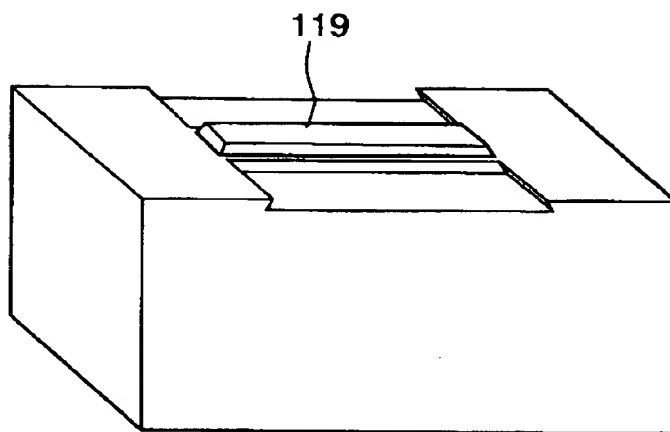


【図 2 2】



- 115 : n-Al_{0.3}Ga_{0.7}As
- 116 : GaInAs/Al_{0.1}Ga_{0.9}As
- 117 : p-Al_{0.3}Ga_{0.7}As
- 118 : p-GaAs

【図 2 3】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 リッジ周辺などの異常成長を抑制した表面のモフォロジーも良好な窓構造型の AlGaInP 系などの半導体レーザおよびその製造方法を提供する。

【解決手段】 (100) 面より $[0-1-1]$ 方向に傾斜した基板に、少なくとも 1 つのステップ状構造 S が設けられ、少なくとも In を含む 2 種類の III 族元素と P を含む V 族元素を含む活性層と、該活性層の上層および下層にそれぞれ配置された第 1 導電型のクラッド層および第 2 導電型のクラッド層を有する半導体積層体が形成されており、活性層の端面が共振器の端面となって該共振器端面間に導波路 P を構成し、ステップ状構造 S の上段側であって、導波路 P の共振器端面を除く部分がステップ状構造 S の近傍に、導波路 P の共振器端面部分がそれよりも遠ざけられて、導波路 P が配置されている構成とする。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000002185]

1. 変更年月日	1990年 8月30日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都品川区北品川6丁目7番35号
氏 名	ソニー株式会社